Cisco IOS i Junos

Jak oprogramowanie routera napisane w stanfordzkim laboratorium stało się Cisco IOS, jak naukowiec z Xerox PARC odpowiedział na nie routerem z FreeBSD w środku — i dlaczego dziś obie rodziny systemów stoją na Linuksie, choć nie całe i nie wszędzie.

Ta strona opowiada o dwóch systemach, które administrator sieci zna z wiersza poleceń częściej niż z jakiegokolwiek okna: Cisco IOS z jego następcami i Junos Junipera. Zaczyna się od sporu o to, kto napisał oprogramowanie pierwszego routera Cisco i jak Stanford rozstał się z dwojgiem założycieli firmy, a potem schodzi do wnętrza klasycznego IOS — jednego wielkiego programu bez ochrony pamięci między procesami. Dalej idą następcy: IOS XR na mikrojądrze QNX, IOS XE i NX-OS na Linuksie, a po stronie Junipera Junos na FreeBSD i Junos OS Evolved. Osobny rozdział dotyczy procesów o kod i o wiersz poleceń, osobny — trzech głośnych incydentów bezpieczeństwa, opisanych jako historia. Najwięcej miejsca zajmuje to, co z tego wynika w 2026 roku: które wydanie wybrać, jak liczyć cykl życia, jak działają licencje Cisco i jak zmieniać konfigurację tak, żeby nie odciąć sobie dostępu.

> Umiejscowienie w serii: to strona księgi „Serwerownia”, poświęcona systemom w urządzeniach sieciowych. Rodowód FreeBSD, na którym od początku działa Junos, opisuje strona **FreeBSD**, a to, jak FreeBSD trafia do urządzeń i konsol innych producentów, zbiera strona **BSD w praktyce**. Mikrojądro QNX, na którym przez pierwsze dziesięć lat stał IOS XR, ma własną historię na stronie **BlackBerry i QNX**. Jądro Linux, na które przeszły IOS XE, NX-OS, nowy IOS XR i Junos OS Evolved, opisuje strona **Linux i GNU**, a kontenery LXC i Docker, które te systemy udostępniają klientom, strona **Kontenery: od chroot do Kubernetesa**. Systemy zapór i routerów z drugiej półki — FortiOS Fortinetu i RouterOS MikroTika — są na stronie **FortiOS i RouterOS**, a systemy macierzy dyskowych na stronie **ONTAP i TrueNAS**.

Skróty użyte na tej stronie (118)

Skrót	Co znaczy
ACL	Access Control List: lista kontroli dostępu
ACX710 / ACX5448	routery Junipera; na ACX710 od 24.2R1 Junos używa „FreeBSD main”
ADSL	dostęp szerokopasmowy przez linię telefoniczną
ADT	ADT Magazine: magazyn branżowy
AGS	wczesny router Cisco
ARPANET	sieć agencji ARPA Departamentu Obrony USA, poprzedniczka internetu

Skrót	Co znaczy
ASA / FTD / ISE	zapory i system kontroli dostępu Cisco
ASIC	układ scalony do jednego zadania
ASM	oznaczenie routera Cisco w tytule zdjęcia z Science Museum (katalog muzeum podaje AGS)
ASR	Aggregation Services Routers: routery Cisco
ATM / SDH / SONET / WDM	technologie sieci telekomunikacyjnych
BBN	Bolt Beranek and Newman: amerykańska firma sieciowa
BGP / OSPF / IS-IS / RIP	protokoły routingu
BSD	Berkeley Software Distribution: rodzina systemów
CANARIE	kanadyjska organizacja prowadząca krajową sieć badawczą
CCIE	Cisco Certified Internetwork Expert: certyfikat Cisco
CEO	Chief Executive Officer: prezes, dyrektor generalny
CERT / CSIRT (NASK, GOV, MON)	zespoły reagowania na incydenty: naukowy, rządowy i wojskowy
CISCO	zapis nazwy Cisco w tytule ostrzeżenia CERT Polska
CLI	Command-Line Interface: wiersz poleceń
CRS / CRS-1	Carrier Routing System: router operatorski Cisco
CSLU	narzędzie raportowe licencji Cisco
CSR	wirtualny router Cisco z IOS XE
CSSM	Cisco Smart Software Manager: portal licencji
CVE / CVSS	numer podatności i skala jej oceny
CX	Customer Experience: obsługa klienta
DC	w nazwie konferencji Black Hat DC
DDS	Distributed Data Store: magazyn stanu w Junos OS Evolved
DNA	subskrypcje oprogramowania Cisco
DNF / YUM / RPM	pakiety i ich menedżery w NX-OS
DOJ	Department of Justice: Departament Sprawiedliwości USA
E320	router szerokopasmowy Junipera
EBSCO	wydawca encyklopedii Research Starters
EC	w nazwie generatora Dual EC

Skrót	Co znaczy
EEOL	wydania Junos z wydłużonym wsparciem
ELF	format plików wykonywalnych
EM / SM	extended i standard maintenance
EMEAR	region Cisco: Europa, Bliski Wschód, Afryka, Rosja
EOE / EOL / EOS / LDOS	daty końca wsparcia, życia, sprzedaży; ostatni dzień wsparcia
ETA	Encrypted Traffic Analytics
EX-99 / 8-K	dokumenty składane w SEC
EXEC	tryb poleceń IOS
FAQ	zestaw częstych pytań
FCS / FRS	pierwsza wysyłka wydania
FDDI / PIC	sieć światłowodowa; moduł interfejsu Junipera
FX	pseudonim Felixa Lindnera
GNU	projekt wolnego oprogramowania
HPE	Hewlett Packard Enterprise
HSECK9	licencja Cisco na silną kryptografię
HTTP / WWW	protokół i usługa stron internetowych
IBM	International Business Machines
IDC	firma analityczna
IMA / EVM / TPM / UEFI	mechanizmy integralności i bezpiecznego rozruchu
IOS	Internetwork Operating System
IP / TCP	protokoły internetu
ISR / G2	routery firmowe Cisco, druga generacja
ISSU	aktualizacja bez przerwy w pracy
ITC	amerykańska komisja handlu
JNPR	symbol akcji Junipera
JUNOS	dawny zapis nazwy systemu Junos
KB	kilobajt
KPCB	fundusz venture capital
LAN / WAN / WLAN	sieć lokalna, rozległa i bezprzewodowa

Skrót	Co znaczy
LXC	kontenery Linuksa
M5 / M10 / M20 / M40 / M160	routery serii M Junipera
M68000	procesor Motoroli
MCI / UUNET	amerykańscy operatorzy szkieletowi
MDS / SAN / SAN-OS	przełączniki Cisco dla sieci pamięci masowej i ich system
MSFC	moduł routingu Catalyst 6500
MSLA	licencje Cisco rozliczane z dołu
MX / MX204 / MX240 / MX480 / MX960 / MX2008 / MX2010 / MX2020 / MX10003	routery serii MX Junipera
NASK	Naukowa i Akademicka Sieć Komputerowa
NCS	routery Cisco z IOS XR
NISP	rdzeń układów Trio
NSF	National Science Foundation
NVIDIA	producent układów i sprzętu sieciowego
NX-OS	system przełączników Nexus
OHM2013	festiwal OHM (Observe. Hack. Make.) z 2013 roku
ONTAP	system macierzy dyskowych
OS	system operacyjny
OSDP / PSDP	programy partnerskie Junipera
OTL	biuro licencjonowania Stanfordu
PARC	ośrodek badawczy Xeroksa
PCP	inicjały sędziego w sygnaturze
PDP-11	minikomputer firmy DEC
PFE	Packet Forwarding Engine
PLNOG	konferencja polskich operatorów
PTX / PTX10003	routery operatorskie Junipera

Skrót	Co znaczy
PUP / XNS / CHAOSnet	protokoły sieciowe z lat 80.
QFX5220	przełączniki Junipera
QNX	system z mikrojądrem
RE-MX-X6 / RE-MX-X8 / RE-PTX-X8	moduły sterujące Junipera
RHEL	Red Hat Enterprise Linux
RMA / TAC	wymiana sprzętu i pomoc techniczna
RUM	raport zużycia licencji
SARA	holenderskie centrum obliczeniowe i centrum danych w Amsterdamie
SD	w nazwie SD-Access
SEC	amerykańska komisja papierów wartościowych
SLAC	kod autoryzacji licencji
SMU	punktowa poprawka IOS XR
SNMP	protokół zarządzania urządzeniami
SSH	szyfrowany dostęp do powłoki
SSM	lokalny serwer licencji Cisco
SUMEX / SUMEX-AIM	laboratorium Stanfordu
SUN	Stanford University Network
SY / T / M / E / S	litery pociągów IOS
TIP	serwer terminali
TP	TP S.A.: Telekomunikacja Polska
UDI	identyfikator urządzenia
UNIX	rodzina systemów operacyjnych
URL	adres zasobu w sieci
USA / USD	Stany Zjednoczone, dolar amerykański
VM	maszyna wirtualna
VPN	szyfrowany tunel sieciowy
VRF	osobna tablica tras
VRP	system routerów Huawei

Skrót	Co znaczy
XE / XR	litery w nazwach IOS XE i IOS XR
XKL	firma Bosacka

Leksykon: nazwy i pojęcia z tej strony (32)

Nazwa	Co to jest
Arista Networks	producent przełączników, pozwany przez Cisco w 2014 roku
Blue Box	stanfordzki router z lat 1983–1984 na stacji Bechtolsheima
CatOS	system przełączników Catalyst z przejętych firm, działający w trybie hybrydowym obok IOS
commit / commit confirmed	zatwierdzenie konfiguracji kandydackiej; warunkowe — z automatycznym powrotem, jeśli brak potwierdzenia
configure replace	polecenie IOS zastępujące bieżącą konfigurację zapisanym plikiem
Dual EC	generator liczb pseudolosowych, którego parametr zmieniono w ScreenOS
FreeBSD	system z rodziny BSD, podstawa Junos OS
Guest Shell	środowisko dla aplikacji klienta w NX-OS, oparte na CentOS
IOS XE	IOS jako proces IOSd na jądrze Linux; od 2008 roku
IOS XR	system routerów operatorskich Cisco: od 2004 na QNX, potem na Linuksie
IOSd	proces Linuksa, w którym w IOS XE działa klasyczny IOS
Junos OS Evolved	linia Junos działająca na natywnym Linuksie
Junos Trio	zestaw układów Junipera z 2009 roku (1,5 mld tranzystorów)
kandydat (candidate)	robocza kopia konfiguracji w Junos, aktywna dopiero po commit
Mist AIOps	produkt Junipera, którego kod HPE musiało licencjonować w ramach ugody
Network Essentials / Network Advantage	wieczyste licencje Network Stack przełączników Catalyst
pociąg (train)	linia wydań Cisco z określonym zestawem funkcji dla określonych platform
QuantumFlow Processor	układ przekazywania pakietów w routerach ASR 1000
Quidway	routery i przełączniki Huawei z pozwu Cisco z 2003 roku
rebuild	kolejna kompilacja wydania IOS z poprawkami
rescue configuration	konfiguracja ratunkowa Junos przywracająca dostęp do zarządzania
Routing Engine	część sterująca routera Junipera z FreeBSD

Nazwa	Co to jest
run-to-completion	planowanie, w którym proces działa, dopóki sam nie odda procesora
ScreenOS	system zapór NetScreen, przejętych przez Junipera w 2004 roku
scènes à faire	doktryna prawa autorskiego, na której Arista wygrała spór o CLI
Smart Account	konto licencyjne klienta Cisco, obowiązkowe przy zamówieniu Catalyst 9400
Smart Licensing Using Policy	mechanizm licencji IOS XE od 17.3.2, włączony automatycznie
SYNful Knock	implant w podmienionych obrazach IOS opisany w 2015 roku
upgraded FreeBSD	nowa linia Junos na FreeBSD 10 i nowszym, od 15.1
VM host	linuksowy gospodarz, na którym Junos działa jako maszyna wirtualna
vPC	mechanizm agregacji łączy w NX-OS, działający jako osobny proces
vSRX	wirtualna zapora Junipera z Junos

> Zastrzeżenie zakresu: Cisco i Juniper mają dziesiątki linii produktów i systemów — zapory, kontrolery sieci bezprzewodowych, platformy chmurowe. Ta strona dotyczy systemów routerów i przełączników: klasycznego IOS, IOS XE, IOS XR, NX-OS i CatOS po stronie Cisco oraz Junos OS i Junos OS Evolved po stronie Junipera. ScreenOS pojawia się tylko dlatego, że dotyczy go jeden z najczęściej mylonych incydentów. Sprawy bezpieczeństwa opisuję wyłącznie jako historię i skalę zjawiska, bez szczegółów technicznych ataków. Polecenia podaję tylko w takiej postaci, w jakiej stoją w dokumentacji producentów.

Wprowadzenie: system, którego nikt nie widzi

Większość systemów opisanych w tej serii ma ekran, pulpit albo przynajmniej znak zachęty, który użytkownik ogląda codziennie. Systemy routerów i przełączników mają tylko ten ostatni, a i ten widzi niewielu ludzi: administratorzy sieci, inżynierowie operatorów, czasem dyżurny, który o trzeciej w nocy łączy się przez konsolę szeregową z urządzeniem w szafie. Mimo to przez ich ręce — a dokładniej przez ich procesory i układy przekazywania pakietów — przechodzi prawie cały ruch internetu. Firma analityczna IDC policzyła, że w 2025 roku na świecie sprzedano routery za 15,0 mld USD i przełączniki Ethernet za 55,1 mld USD. Większość tych urządzeń działa pod kontrolą systemu jednego z kilku producentów, a dwa nazwiska od trzydziestu lat wyznaczają sposób, w jaki się z nimi rozmawia: Cisco i Juniper.

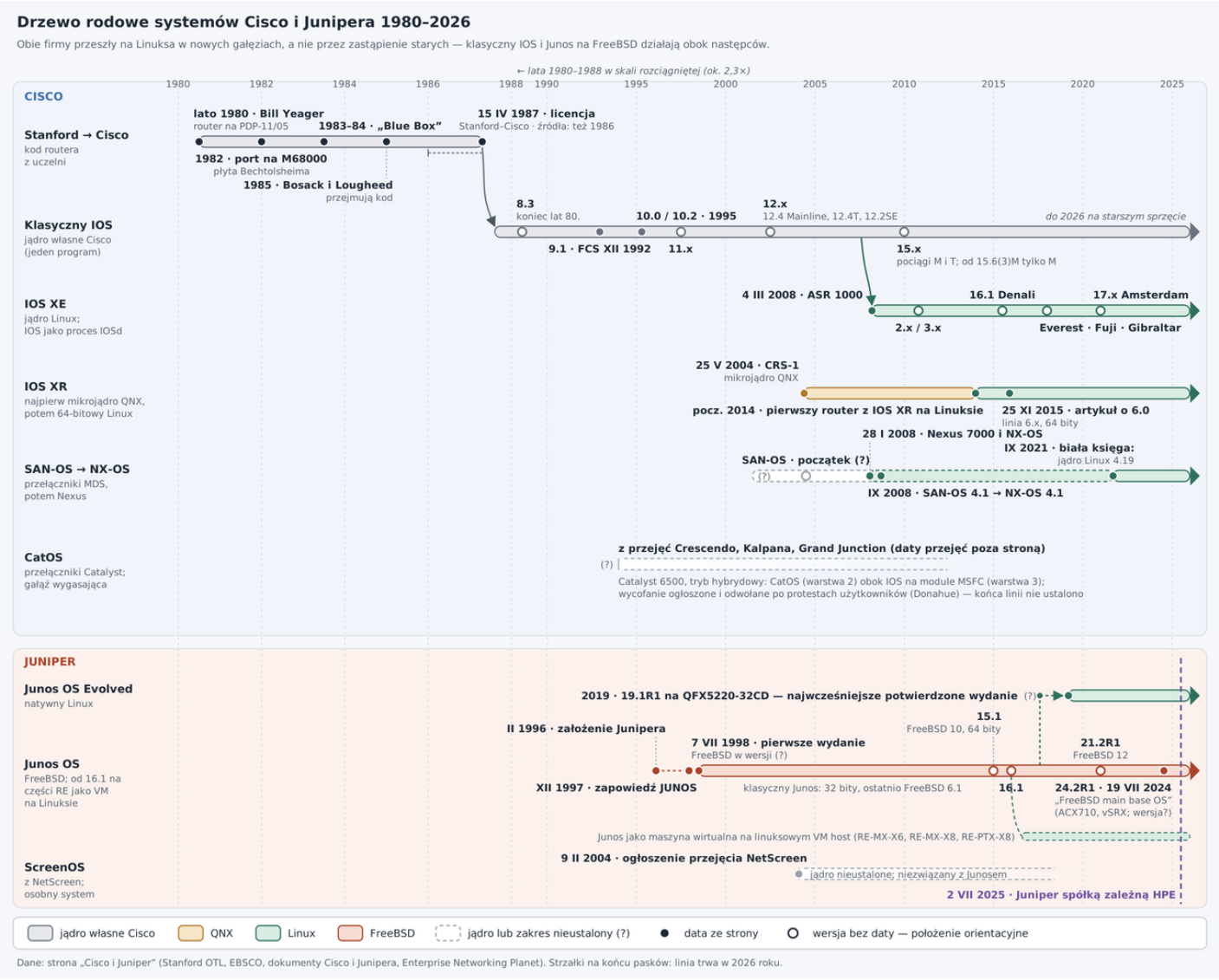
Interface Message Processor firmy BBN (minikomputer Honeywell 516) w Computer History Museum

Interface Message Processor firmy BBN (minikomputer Honeywell 516) w Computer History Museum — węzeł ARPANET-u z 1969 roku, nazywany „pierwszym routerem internetu”. Źródło: Flickr, CC BY 2.0, autor: Steve Jurvetson.

Obiegowa wersja tej historii brzmi mniej więcej tak: „Cisco założyło małżeństwo ze Stanfordu, które chciało pisać do siebie maile między budynkami; ukradli uczelni router; IOS to monolit z lat osiemdziesiątych, który Cisco do dziś łata. Juniper zrobił router »na FreeBSD« i wymyślił commit. Dziś wszyscy przeszli na Linuksa”. Jak zwykle w tej serii prawie każdy człon tego zdania jest prawdziwy najwyżej częściowo. Oprogramowanie, od którego zaczęło się Cisco, napisał ktoś inny niż założyciele. Spór ze Stanfordem był, ale zakończył się umową licencyjną. Klasyczny IOS rzeczywiście jest jednym wielkim programem bez ochrony pamięci, ale Cisco od dwudziestu lat sprzedaje obok niego trzy inne systemy. Junos stoi na FreeBSD od pierwszego wydania, lecz nie da się wykazać, że Juniper „wymyślił” zatwierdzanie konfiguracji — da się tylko pokazać, że jego model przejęła konkurencja. A „wszyscy na Linuksie” jest prawdą dla połowy rodziny: klasyczny Junos nadal stoi na FreeBSD, klasyczny IOS — na własnym jądrze.

Dla administratora ta historia nie jest ciekawostką. Od tego, która gałąź rodu działa w danym urządzeniu, zależy, czy błąd jednego procesu może położyć cały router, czy zmiana konfiguracji działa natychmiast, czy dopiero po zatwierdzeniu, jak długo producent będzie wypuszczał poprawki i czy przełącznik po wygaśnięciu subskrypcji nadal będzie przełączał. Rozdział o praktyce zbiera to, co w październiku 2026 roku mówią na te tematy dokumenty Cisco i Junipera. Wcześniejsze rozdziały tłumaczą, skąd te odpowiedzi się wzięły.

Rysunek poniżej porządkuje rodzinę systemów, o których mowa na tej stronie. Warto mieć go w pamięci przy kolejnych rozdziałach, bo nazwy są mylące: IOS XE i IOS XR różnią się jedną literą, a architekturą — prawie wszystkim.



Rysunek 1. *Rodzina systemów Cisco i Junipera od pierwszego routera na Stanfordzie do przejęcia Junipera przez HPE. Warto zauważyć, że „przejście na Linuksa” dotyczy w obu firmach nowych gałęzi, a nie zastąpienia starych: klasyczny IOS i klasyczny Junos żyją obok następców.*

Rodowód Cisco: router w szafie i spór ze Stanfordem

Bill Yeager i router w szafie w Pine Hall

Na początku lat osiemdziesiątych w sieciach Uniwersytetu Stanforda działały obok siebie różne protokoły, a urządzeń, które przekazywałyby między nimi pakiety, nie dało się kupić. Tom Rindfleisch, ówczesny dyrektor laboratorium SUMEX-AIM, ujął to jednym zdaniem, które dziś przytacza stanfordzkie biuro licencjonowania technologii (Office of Technology Licensing, OTL):

„Lacking commercial products, we decided to develop our own”. Własne urządzenie zbudował **Bill Yeager**, programista laboratorium SUMEX. Według artykułu OTL z 8 X 2025 latem 1980 roku Yeager napisał oprogramowanie routera, a w ciągu około trzech miesięcy system był gotowy; sprzęt składał razem z Nickiem Veizadesem. Rindfleisch w tekście z IV 1999 roku rozkłada te prace na dłużej: Yeager miał budować router w SUMEX od końca 1980 roku, a działający router na PDP-11 powstał pod koniec 1981 roku. Źródła podają więc, że pierwszy router działał w 1980 albo dopiero pod koniec 1981 roku.[1]

Pierwszy router stał w szafie w budynku Pine Hall. Był to minikomputer **PDP-11/05** z 56 KB pamięci, który przekazywał ruch z prędkością do 320 kb/s po Ethernecie o przepustowości 3 Mb/s. W 1982 roku Yeager przepisał oprogramowanie w języku C na płytę z procesorem Motorola 68000, zaprojektowaną przez **Andy’ego Bechtolsheima**. W 1983 roku router obsługiwał już Ethernet 10 Mb/s i przekazywał ruch przez „Golden Gateway”. Rindfleisch wylicza protokoły, które to oprogramowanie routowało: PUP, XNS, IP i CHAOSnet. Wszystko to — pisze — „was done by Yeager himself in the SUMEX laboratory”.

Drobne poprawki do kodu wnieśli między innymi **Donald Knuth**, **Vaughan Pratt** i Jeff Mogul. Chuck Hedrick z Uniwersytetu Rutgersa wspominał według OTL, że nigdy mu się ono nie wywróciło. To opinia warta zapamiętania, bo pytanie o to, co może wywrócić system routera, wraca na tej stronie wielokrotnie.

„Blue Box” i sieć kampusowa

Druga linia tej historii prowadzi przez wydział informatyki. Guy Almes w wątku na liście dyskusyjnej Internet-History z IX 2025 roku opisuje, jak **Ralph Gorin** rzucił wyzwanie: przerobić stację roboczą Bechtolsheima na router. Tak w latach 1983–1984 powstał router nazywany „Blue Box”. Almes pisze, że Yeager jest „generally credited” z oprogramowania tego urządzenia, które obsługiwało IP i PUP. Almes odnotowuje też pomysł Noela Chiappy z wiosny 1984 roku, a w 1985 roku sieć SUN (Stanford University Network) przeszła na samo IP. W 1986 roku, według OTL, wydział informatyki budował już własne „blue boxy”.

W tej linii pojawiają się dwie osoby, które obiegowa opowieść stawia na pierwszym planie: **Leonard Bosack** i **Sandy Lerner**, małżeństwo, które poznało się na Stanfordzie w 1977 roku. Według Almesa w 1985 roku Bosack i **Kirk Lougheed** przejęli kod od Yeagera, a Rindfleisch dodaje, że od 1985 roku Bosack miał dostęp do źródeł. Rindfleisch pisze też rzecz najmocniejszą: przed 1985 rokiem Bosack i Lerner nie odgrywali żadnej roli w budowie sieci kampusowej. Ta uwaga była polemiką z publicystą Cringelym, który przypisywał całe przedsięwzięcie Bosackowi i Lerner.

Spółka z 1984 roku i odmowa uczelni

10 XII 1984 roku Bosack i Lerner zarejestrowali spółkę **Cisco Systems** (Almes pisze jej nazwę małą literą: „cisco”). Opierając się na książce Davida Bunnella i Adama Brate’a „Making the Cisco Connection” (2000) i artykule Erica Nee w „Upside” (1991), serwis historyofcomputercommunications.info podaje, że do 31 VII 1985 roku spółka miała około 109 tys.

USD przychodu, a w roku obrotowym zakończonym 31 VII 1986 — 129 tys. USD. Encyklopedia EBSCO podaje z kolei, że pierwsze produkty Cisco wysłało w III 1986 roku. Źródła podają więc, że sprzedaż ruszyła w 1985 albo w III 1986 roku.[2]

Router Cisco z 1986 roku na wystawie Science Museum w Londynie, przedstawiany jako pierwszy ro

Router Cisco z 1986 roku na wystawie Science Museum w Londynie, przedstawiany jako pierwszy router, przez który Europa dostała usługę internetu (Peter Kirstein, University College London). Katalog muzeum opisuje ten egzemplarz jako Cisco AGS z 1986 roku, a autor zdjęcia w tytule nazywa go routerem ASM; którego modelu dotyczy zdjęcie, nie rozstrzygam. Źródło: Flickr, CC BY-NC-SA 4.0, autor: J. Casalino.

Problem był jeden: oprogramowanie, na którym miały działać routery nowej spółki, powstało na uczelni i należało do uczelni. Almes opisuje kolejne kroki tak: w 1985 roku Bosack poprosił Stanford o zgodę na komercjalizację — i jej nie dostał. W 1986 roku jego przełożony, **Les Earnest**, skonfrontował go z tą sprawą; Bosack i Lougheed odeszli z uczelni do cisco. Przez pewien czas nad spółką wisiała więc „legal cloud", jak to nazywa Almes: firma sprzedawała urządzenia z kodem, którego status prawny nie był uregulowany.

Licencja: 19 300 dolarów i tantiemy

Spór zakończył się porozumieniem. Według Almesa wiosną 1987 roku strony zawarły „amicable arrangement", a OTL w artykule z 2025 roku pisze, że w 1987 roku Cisco licencjonowało oprogramowanie routera przez biuro licencjonowania technologii. Encyklopedia EBSCO podaje dzień: **15 IV 1987**. Rindfleisch w 1999 roku pisał o licencji z 1986 roku.[3] Źródła podają więc, że umowę zawarto w 1986 albo 1987 roku; trzy z czterech relacji wskazują na rok 1987, a dwie z nich — na jego wiosnę.

Ile Stanford na tym zarobił? Umowy nie widziałem. Ta sama encyklopedia EBSCO — powołująca się na książkę Paulsona „Inside Cisco" (2001) i prasę z San Jose — podaje, że uczelnia dostała 19 300 USD gotówką, 150 000 USD tantiem i rabaty na produkty Cisco. Suma tych dwóch kwot, około 170 tys. USD, krąży w sieci w różnych zaokrągleniach. Według Rindfleischa umowa wskazywała Yeagera jako głównego twórcę oprogramowania i przyznawała mu 85% w podziale tantiem; Yeager oddał je laboratorium SUMEX, a OTL dodaje szczegół, który dobrze oddaje akademicki charakter tej historii — z wydziałowego funduszu badawczego, zasilonego tymi pieniędzmi, płacono mu potem pensję.

Almes podkreśla, że dopiero po tej umowie uczelnie mogły bez obaw kupować router **AGS** — a zniknięcie „legal cloud" pomogło regionalnym sieciom NSFnet. W tym samym wątku Alex McKenzie z firmy BBN wspomina, że BBN nie chciało produkować routerów, bo rynek uznano za mały. Gdy okazało się, że jest duży, Cisco już na nim było; jedna z regionalnych sieci NSF odrzuciła nawet darmową ofertę routerów BBN.

Kto jest twórcą

Spór o autorstwo trwa. W wersji popularnej Bosack i Lerner łączą sieci dwóch budynków, żeby móc do siebie pisać, i z tej potrzeby rodzi się firma. Dla tej anegdoty nie znalazłem źródła pierwotnego — a relacje ludzi, którzy pracowali wtedy na Stanfordzie, mówią co innego. Rindfleisch nazywa Yeagera „the real inventor”. Almes, ostrożniejszy, pisze, że Yeager jest „generally credited” z oprogramowania. OTL w 2025 roku opowiada historię routera jako historię Yeagera, Veizadesa i Bechtolsheima.

Z tych relacji wyłania się obraz, który da się obronić: oprogramowanie, od którego zaczęło się Cisco, napisał Bill Yeager; Bosack i Lougheed przejęli je w 1985 roku i rozwijali dalej, a Bosack i Lerner zbudowali wokół niego firmę. To tłumaczy, dlaczego Stanford mógł żądać licencji. Pytanie, jak wiele z kodu Yeagera przetrwało w późniejszym IOS, zostaje otwarte: żadne ze znanych mi źródeł nie porównuje tych dwóch programów.

Firma: od dziewięćdziesięciu odmów do najcenniejszej spółki świata

Sequoia i zawodowi menedżerowie

Pieniądze przyszły z trudem. Bosack wspominał później, że rozmawiali z „80 to 90 different venture firms”, i prawie wszystkie odmówiły. W I 1987 roku prezesem (CEO) spółki został William Graves. W XII 1987 roku inwestycję zamknął fundusz Sequoia, którym kierował **Don Valentine**: 2,5 mln USD za 32% udziałów. Założyciele zachowali 30%, z czteroletnim okresem nabywania praw (vesting) — czyli udziały stawały się w pełni ich własnością stopniowo, pod warunkiem pozostania w firmie. W X 1988 roku prezesem został **John Morgridge**, a w XII 1988 Valentine stanął na czele rady dyrektorów. Przychody rosły szybko: 1,5 mln USD w roku obrotowym 1987, 5,5 mln w 1988, a według EBSCO 28 mln USD w 1989 roku.

Ciekawy jest język tamtych lat. W piśmie „Electronics” z 14 IV 1988 roku Graves nazywał produkty firmy „gateways, not routers”. Słowo „router” nie było jeszcze oczywiste — stanfordzki punkt styku z resztą sieci nazywał się przecież „Golden Gateway”. W sporach o kopiowanie wiersza poleceń, opisanych dalej, chodziło już nie o nazwę urządzenia, tylko o to, jak się z nim rozmawia.

Giełda i odejście założycieli

16 II 1990 roku Cisco weszło na giełdę: 2,8 mln akcji po 18 USD, kurs zamknięcia pierwszego dnia 22,25 USD. Z tych dwóch liczb wynika — to moje wyliczenie, nie dane ze źródła — że akcje

sprzedane w debiucie były warte około 50 mln USD. Pół roku później drogi firmy i założycieli się rozeszły. Według EBSCO 28 VIII 1990 roku Morgridge poprosił Sandy Lerner o odejście, a Bosack odszedł wkrótce potem. W XII 1990 roku oboje sprzedali wszystkie akcje, za około 170 mln USD. Bosack założył w 1991 roku firmę XKL, a Lerner w I 1996 roku markę kosmetyków Urban Decay. Biografie założycieli Cisco są więc krótkie po stronie Cisco i długie poza nią.

Firma rosła dalej przez przejęcia — według EBSCO w latach 1993–2000 było ich około siedemdziesięciu. Kilka z nich pojawi się na tej stronie jeszcze raz: przełączniki Catalyst z systemem CatOS powstały z technologii firm Crescendo, Kalpana i Grand Junction, a w VII 1996 roku Cisco kupiło za 4,67 mld USD firmę StrataCom. Jej współzałożyciel, **Scott Kriens**, dwa miesiące później został prezesem nowej spółki, która miała z Cisco konkurować — Juniper Networks. 27 III 2000 roku Cisco było przez chwilę najcenniejszą firmą świata: jego kapitalizacja wynosiła 555,4 mld USD.

Klasyczny IOS od środka: jeden program, jedna pamięć

Od 8.3 do 11.3: wersje, warstwy i „port-ready”

Kiedy dokładnie oprogramowanie routerów Cisco zaczęło się formalnie nazywać „IOS” (Internetwork Operating System), nie ustaliłem. Dokument pomocy technicznej Cisco o wczesnych wydaniach (nr 13327) używa tej nazwy wstecz także dla wersji 8.3, o której pisze, że była „ostatnią popularną wersją przed latami 90.”. Ten sam dokument jest najlepszym znanym mi źródłem o dalszej chronologii. **IOS 9.1** osiągnął status FCS (first customer shipment, pierwsza wysyłka do klientów) w XII 1992 roku; ostatnim wydaniem tej linii była 9.1(16). Od 17 IV 1995 roku Cisco zalecało przejście z 9.1 na 10.0(9) albo 10.2(5) — w praktyce zapowiedź końca tej linii.

Router Cisco 7500 z 1995 roku, używany przez CANARIE w kanadyjskiej sieci badawczej — z roku, w

Router Cisco 7500 z 1995 roku, używany przez CANARIE w kanadyjskiej sieci badawczej — z roku, w którym Cisco zalecało przejście z 9.1 na wydania 10.x. Źródło: Ingenium (Kanada), CC BY-NC(-ND) 4.0 — „Copyright Ingenium” (strona pisze CC BY-NC-ND, link do CC BY-NC 4.0; traktować jako bez zmian), autor: Ingenium – Canada's Museums of Science and Innovation.

Ciekawsze od numerów jest to, co dokument mówi o budowie systemu. W wydaniach od 9.21 do 11.2 kod przebudowano na moduły i podsystemy ułożone w warstwach. Od 11.3 system był „port-ready”, czyli łatwiej było przenieść go na nową platformę sprzętową. Kolejnym etapem był „bulletproofing”: drobniejsza modularność i budowanie z modułów zestawów funkcji. Wszystkie te

zmiany dotyczyły jednak organizacji kodu źródłowego i procesu budowania, a nie tego, jak system działa w pamięci routera. W pamięci IOS przez cały ten czas pozostawał jednym programem.

Bez ochrony pamięci i bez wywłaszczania

Najdokładniejszy opis wnętrza klasycznego IOS dała sama Cisco — w książce Bollapragady, Murphy'ego i White'a „Inside Cisco IOS Software Architecture", wydanej przez Cisco Press w VII 2000 roku. Autorzy piszą, że procesy IOS są „essentially equivalent to a single thread in other operating systems": to, co IOS nazywa procesem, w innym systemie byłoby wątkiem. Planista działa według zasady „a priority run-to-completion model": proces o danym priorytecie wykonuje się, dopóki sam nie odda procesora; system go nie wywłaszcza. I zdanie najważniejsze: „To minimize overhead, IOS does not employ virtual memory protection between processes". Każdy proces dostaje przydział pamięci, ale „other processes can freely access that same memory".

Osiem lat później ten sam obraz, oglądany z drugiej strony, przedstawił **Felix „FX" Lindner** z firmy Recurity Labs w pracy „Developments in Cisco IOS Forensics" na konferencji Black Hat DC w I 2008 roku. Lindner badał, jak po incydencie ustalić, co działo się w routerze, i opisał IOS tak, jak widzi go analityk. Obraz IOS to zwykle jeden plik w formacie ELF: „All functionality is linked into a single large binary program at compile time". Program działa w najbardziej uprzywilejowanym trybie procesora, z tylko podstawową ochroną kodu przed zapisem, bez mapowania pamięci wirtualnej. „Every process has full access to the entire memory of the platform". Planista jest run-to-completion, a pracę krytyczną czasowo wykonuje kod obsługi przerwań. Całość napisano w C.

Konsekwencje takiej budowy da się wyprowadzić z samych cytatów. Po stronie zysków jest to, o co chodziło autorom: mniejszy narzut, bo system nie pilnuje granic pamięci między procesami. Po stronie kosztów — brak izolacji: błąd w jednym procesie może nadpisać pamięć innego, a zawieszony proces, który nie oddaje procesora, blokuje pozostałe. Następcy IOS, opisani w dalszych rozdziałach, są w dużej mierze odpowiedzią właśnie na ten kompromis — każdy na swój sposób przenosi funkcje do osobnych procesów z chronioną pamięcią.

Dziesiątki tysięcy obrazów

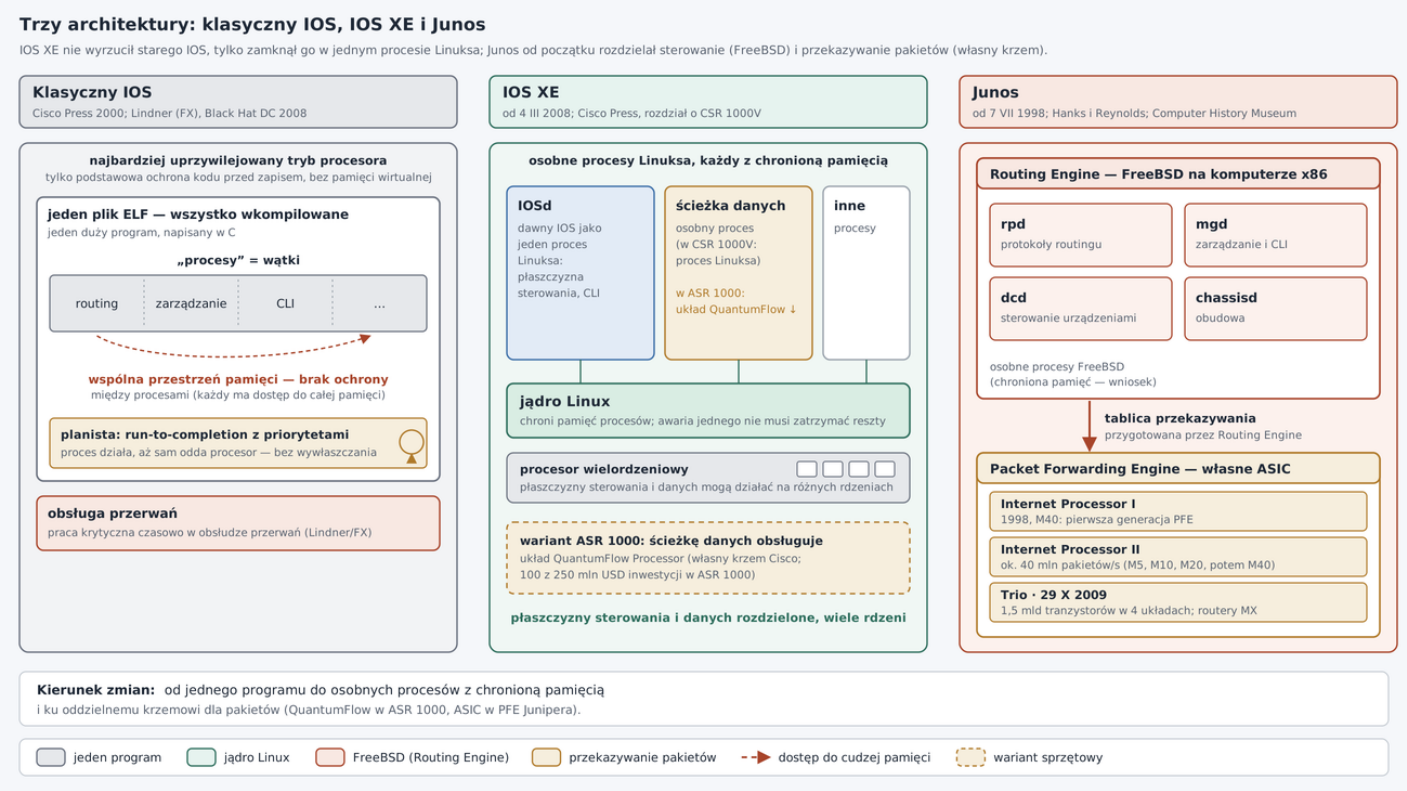
Druga cecha klasycznego IOS, którą Lindner wyciąga na pierwszy plan, to liczba wariantów. Ponieważ wszystko jest wkompilowane w jeden plik, każda kombinacja platformy sprzętowej, zestawu funkcji (feature set) i wersji to osobna kompilacja. Lindner szacował w 2008 roku, że w sieciach działa „several tens of thousands different IOS images", i dodawał, że sieci produkcyjne zwykle są „two or three minor versions behind" — o dwa, trzy wydania za bieżącym. Mój wniosek z tych liczb: analityk po włamaniu nie ma jednego wzorca, z którym mógłby porównać podejrzany obraz.

Przełącznik Cisco Catalyst 2950 na festiwalu OHM2013, „pilnowany" przez siekiery Fiskars — tak zdj

Przełącznik Cisco Catalyst 2950 na festiwalu OHM2013, „pilnowany" przez siekiery Fiskars — tak zdjęcie opisał jego autor. Źródło: Flickr, CC BY-SA 2.0, autor: Dennis van Zuijlekom.

Ślady tego świata zostały w nazwach plików. Przewodnik Cisco po wydaniach IOS i NX-OS tłumaczy, że litery „k9” w nazwie obrazu oznaczają silną kryptografię — stąd na przykład „universalk9”. W routerach serii ISR drugiej generacji (ISR G2) Cisco odeszło od mnożenia obrazów: platforma dostaje jeden obraz uniwersalny ze wszystkimi funkcjami, a to, co wolno uruchomić, odblokowuje licencja.

Rysunek poniżej zestawia klasyczny IOS z IOS XE i Junosem: trzy odpowiedzi na pytanie, gdzie kończy się program decydujący o trasach, a zaczyna ten, który przekazuje pakiety.



Rysunek 2. *Klasyczny IOS, IOS XE i Junos w uproszczeniu. Warto zauważyć, że IOS XE nie wyrzucił starego IOS, tylko zamknął go w jednym procesie Linuksa, podczas gdy Junos od początku rozdzielał sterowanie (FreeBSD) i przekazywanie pakietów (własne układy).*

Pociągi, numery i rebuildy: jak czytać wersję Cisco

Kto pierwszy raz patrzy na listę obrazów IOS do pobrania, widzi gąszcz liter i nawiasów. Cisco porządkuje go w przewodniku „Cisco IOS and NX-OS Software Release Reference Guide” (wersja zaktualizowana 6 X 2021) przy pomocy dwóch pojęć. **Rodzina wydań** (release family) to wspólna baza kodu dla spokrewnionych platform. **Pociąg** (train) definiuje przewodnik tak: „A train provides a vehicle for delivering software with a specific set of features to a specific set of platforms”. Pociąg to więc linia wydań, która wiezie określony zestaw funkcji do określonego zestawu urządzeń.

Od 12.4 do 15.x

Przed wersją 15 najważniejsze były pociągi **12.4 Mainline** i **12.4T** — litera T oznaczała nowe funkcje i obsługę nowego sprzętu — oraz **12.2SE** dla przełączników. Pociąg 15M&T dziedziczy po 12.4T i 12.4 Mainline. W rodzinie 15 przewodnik wymienia cztery główne linie: **15M&T** dla sieci firmowych i dostępowych, **15E** dla przełączników Catalyst i Industrial Ethernet, **15S** dla routerów operatorskich 7200, 7300 i 7600 oraz **15SY** dla Catalyst 6500 z modułem Sup2T (15.0SY dziedziczy po 12.2(50)SY). Obok nich jeżdżą krótkie pociągi specjalne, na przykład 15.1GC.

Numer wydania w rodzinie 15 ma postać major.minor(feature)typ plus numer rebuildu — przykłady z przewodnika to 15.0(1)M i 15.1(1)T. Rebuild to kolejna kompilacja tego samego wydania z poprawkami. Litera typu decyduje o tym, jak długo wydanie będzie poprawiane. **T** to standard maintenance — rebuildy przez 18 miesięcy. **M** to extended maintenance — rebuildy przez 44 miesiące. Od wydania 15.6(3)M Cisco przestało wypuszczać wydania T: wychodzi mniej więcej jedno wydanie M rocznie przez 36 miesięcy, a każde M dostaje rebuildy przez 54 miesiące. Te 54 miesiące dzielą się na trzy fazy: pierwsze dwa rebuildy mogą jeszcze dodawać funkcje, do 36. miesiąca idą już tylko poprawki błędów, a od 36. do 54. miesiąca — tylko poprawki bezpieczeństwa.

IOS XE: trzy wydania rocznie i nazwy miejsc

IOS XE ma inny rytm. Według przewodnika wychodzą trzy wydania na dwanaście miesięcy, co cztery miesiące: w marcu, lipcu i listopadzie, przy czym marcowe i listopadowe to wydania krótkie. Wydanie **SM** (standard maintenance) ma rok wsparcia od FCS i dwa rebuildy. Wydanie **EM** (extended maintenance) — dwa lata i cztery rebuildy; od wersji 16.9 wydanie EM pojawia się co 36 miesięcy (wcześniej co 48) i dostaje siedem rebuildów. Pociągi 16.x mają nazwy: **Denali**, **Everest**, **Fuji**, **Gibraltar**; dokumentacja licencji mówi o „IOS XE Amsterdam 17.3.2”, więc Amsterdam to już pociąg 17.x. Przewodnik odnotowuje drobiazg, który myli przy pierwszym kontakcie: „the March 2017 release is Release 16.5.1” — wydania 16.5.0 nie ma.

Starsza linia IOS XE 3.x miała pociągi 3E, 3S, 3SE, 3SG i 3SP, a w ich nazwach było widać wersję IOSd, czyli klasycznego IOS działającego wewnątrz IOS XE jako proces (o tym w następnym rozdziale). Od Denali 16.1.1 tej informacji w numerze już nie ma — numeracja IOS XE stała się samodzielna.

NX-OS i IOS XR

NX-OS numeruje wydania według schematu major, minor, maintenance i support patch, przy czym ma dwa schematy nazw: przełączniki Nexus 7000 i MDS przed wersją 7.3 nosiły litery platformy (D, N i inne), reszta platform i wersje od 7.3 — nie. IOS XR wydaje skumulowane wydania utrzymaniowe (maintenance releases), a pojedyncze poprawki dostarcza jako **SMU** (Software

Maintenance Upgrade) — punktową poprawkę dla jednego wydania i jednej platformy.

Linia	Typ wydania	Jak długo poprawki
IOS 15 (do 15.6(3)M)	T — standard maintenance	rebuildy przez 18 miesięcy
IOS 15 (do 15.6(3)M)	M — extended maintenance	rebuildy przez 44 miesiące
IOS 15 od 15.6(3)M	tylko M, ok. jedno rocznie	54 miesiące: funkcje w dwóch pierwszych rebuildach, błędy do 36. miesiąca, bezpieczeństwo 36.–54.
IOS XE	SM	rok od FCS, dwa rebuildy
IOS XE	EM	dwa lata, cztery rebuildy; od 16.9 EM co 36 miesięcy, siedem rebuildów
IOS XR	wydania utrzymaniowe + SMU	poprawki punktowe dla wydania i platformy

Rodzina następców: CatOS, IOS XR, IOS XE i NX-OS

Cisco nigdy nie miało jednego systemu. Obok klasycznego IOS działały systemy przejęte razem z firmami, a od 2004 roku powstawali następcy dla operatorów, sieci firmowych i centrów danych.

CatOS: system z przejęć, którego nie dało się wygasić

Przełączniki Catalyst nie wyrosły z IOS. Gary A. Donahue w książce „Network Warrior” (O’Reilly, wydanie drugie) przypomina, że technologia przełączników przyszła z przejęć firm Crescendo, Kalpana i Grand Junction, a razem z nią własny system — **CatOS**. W największych przełącznikach, Catalyst 6500, przez lata działał tryb hybrydowy: „The switch runs CatOS for Layer-2 functionality, and the MSFC runs IOS for Layer-3 and above functionality”. Przełączanie w warstwie drugiej obsługiwał CatOS, a routing — IOS na module MSFC. Administrator rozmawiał więc z jednym urządzeniem w dwóch różnych językach poleceń.

Otwarta szafa 19 cali w centrum danych SARA w Amsterdamie: przełącznik Cisco Catalyst 6500E, a

Otwarta szafa 19 cali w centrum danych SARA w Amsterdamie: przełącznik Cisco Catalyst 6500E, a obok niego zapora FortiGate 3810A i urządzenie firmy F5. Autor zatytułował zdjęcie „Physical security fail”. Źródło: Flickr, CC BY-SA 2.0, autor: Dennis van Zuijlekom.

Cisco ogłosiło wycofanie CatOS, ale — pisze Donahue — wycofało się z tej decyzji po „such an uproar from die-hard CatOS users”. Donahue wymienia też zaletę, za którą ludzie ten system lubili: „concise way in which it organizes information”, zwięzły sposób przedstawiania informacji. Przywiązanie użytkowników do interfejsu zatrzymało tu producenta — to zapowiedź sporów o wiersz poleceń, opisanych dalej.

IOS XR: router operatorski na mikrojądrze QNX

25 V 2004 roku Cisco zapowiedziało **CRS-1** (Carrier Routing System), router dla największych operatorów. Komunikat podawał, że system skaluje się od 1,2 do 92 Tb/s i do 1152 gniazd po 40 Gb/s, będzie dostępny w VII 2004 roku, a ceny zaczynają się od 450 000 USD. Wśród klientów i testujących komunikat wymieniał Sprint, T-Com, MCI (który testował łącza 40 Gb/s), Pittsburgh Supercomputing Center i National LambdaRail. Razem z routerem przyszedł nowy system, **IOS XR**, opisany jako „memory-protected, microkernel-based operating system” z aktualizacjami w locie na poziomie pojedynczych procesów. Komunikat dodawał też, w tonie właściwym dla komunikatów, że to „the industry’s only self-healing operating system”.

Komunikat Cisco nie podaje, na jakim mikrojądrze zbudowano IOS XR. Podają to inne źródła: Lindner w 2008 roku pisał, że IOS XR dodaje separację procesów na mikrojądrze **QNX** kosztem wyższych wymagań sprzętowych, a Enterprise Networking Planet w 2015 roku opisywał przejście IOS XR z QNX na Linuksa. Historię QNX opowiada strona **BlackBerry i QNX** — Cisco figuruje tam wśród klientów tego systemu. W IOS XR różnica wobec klasycznego IOS jest zasadnicza: każdy proces ma własną, chronioną pamięć, a awaria jednego nie musi pociągać za sobą reszty.

Dziesięć lat później Cisco zmieniło fundament IOS XR po raz drugi. Sean Michael Kerner w Enterprise Networking Planet z 25 XI 2015 roku pisał, że Cisco przeniosło funkcje systemu na 64-bitową infrastrukturę Linuksa; pierwszy linuksowy IOS XR działał na jednym modelu routera od początku 2014 roku, potem na urządzeniach NCS 1000, 5000 i 5500, a całość opisywano przy okazji wydania **IOS XR 6.0**. Nowy system pozwalał klientom uruchamiać własne aplikacje w kontenerach LXC, wysyłał dane telemetryczne w modelu publikuj–subskrybuj zamiast czekać na odpytywanie przez SNMP i współpracował z narzędziami Puppet i Chef. Kevin Wollenweber z Cisco uzasadniał to krótko: „The 64-bit Linux infrastructure is the de facto standard that is being used across the industry today”. Kiedy dokładnie poszczególne rodziny routerów (CRS, ASR 9000) przeszły na linuksowy IOS XR, nie ustaliłem.

IOS XE: stary IOS jako proces Linuksa

4 III 2008 roku Cisco pokazało routery brzegowe **ASR 1000** (Aggregation Services Routers) i razem z nimi system **IOS XE**, opisany w komunikacie jako „a virtualized Cisco IOS implementation optimized for compact routers at the edge”. Obiecywał aktualizację oprogramowania bez przerwy w usłudze, redundancję programową i — co dla klientów było najważniejsze — zachowane CLI IOS.

Sercem sprzętu był układ **QuantumFlow Processor**, który Cisco reklamowało jako „the industry's first fully-integrated and programmable processing engine". Według komunikatu na sam układ poszło 100 mln z 250 mln USD zainwestowanych w ASR 1000, a prace trwały ponad pięć lat. Ceny zaczynały się od 35 000 USD, dostępność zapowiedziano na IV 2008 roku.

Jak IOS XE działa od środka, najjaśniej tłumaczy rozdział „CSR 1000V Software Architecture" z książki Cisco Press „Virtual Routing in the Cloud": „IOS XE uses Linux as the kernel, whereas the IOS daemon (IOSd) runs as a Linux process". Klasyczny IOS nie zniknął — został zamknięty w jednym procesie, **IOSd**, który działa na jądrze Linuksa. Dalej: „The control and data planes in IOS XE are separated into different processes". Płaszczyzna sterowania (decyzje o trasach, CLI, protokoły) i płaszczyzna danych (przekazywanie pakietów) to osobne procesy, które mogą korzystać z wielu rdzeni procesora. W wirtualnym routerze CSR 1000V ścieżka danych też jest procesem Linuksa; w ASR 1000 obsługuje ją wspomniany układ QuantumFlow.

To rozwiązanie wyjaśnia, dlaczego IOS XE jest tak podobny do IOS w obsłudze i tak różny w budowie. Administrator widzi ten sam wiersz poleceń, te same polecenia konfiguracji, a nawet — w linii 3.x — numer wersji IOSd w nazwie wydania. Pod spodem działa jednak zupełnie inny system, z jądrem, które chroni pamięć procesów. IOS XE jest dziś systemem przełączników Catalyst 9000; jego luka z 2023 roku, opisana w rozdziale o bezpieczeństwie, dotyczyła właśnie tej gałęzi, a nie klasycznego IOS.

NX-OS: z sieci pamięci masowej do centrum danych

Trzeci następca przyszedł z nieoczekiwanej strony. 28 I 2008 roku Cisco ogłosiło przełącznik **Nexus 7000** dla centrów danych — według The Register do 512 portów 10 Gb/s albo 768 portów 1 Gb/s, przepustowość ponad 15 Tb/s, cena od około 75 000 USD, typowo około 200 000 USD — jako następcę Catalyst 6500 w strategii „Data Center 3.0". Jego system, **NX-OS**, był „Based on Cisco's SAN-OS", czyli na systemie przełączników MDS dla sieci pamięci masowej (SAN). Doug Gourlay z Cisco obiecywał restartowanie pojedynczych procesów i aktualizację bez przerwy w pracy.

Dokument Cisco o zmianie nazwy przełączników MDS z IX 2008 roku dopowiada resztę: planowany SAN-OS 4.1 stał się NX-OS 4.1, wcześniejsze wydania pozostały „SAN-OS", a oba systemy pochodzą z jednego drzewa źródeł. Autorzy dokumentu zastrzegali: „The name change reflects the strategic convergence… it does not cause the convergence" — zmiana nazwy odzwierciedla zbieżność, a nie ją powoduje.

Współczesny NX-OS to system wprost linuksowy. Biała księga Cisco „Cisco NX-OS: The Advanced Network Operating System Designed for the Future" (zaktualizowana 16 IX 2021) mówi: „The core of NX-OS is based on version 4.19 of the 64-bit Linux kernel". Interfejsy przełącznika są widoczne jako urządzenia sieciowe Linuksa (netdev), tablice VRF — jako przestrzenie nazw sieci, a w systemie działają tcpdump, ping i traceroute; w obrazie jest powłoka bash. Protokoły routingu (OSPF, BGP) i mechanizm vPC to osobne procesy w przestrzeni użytkownika, które po błędzie

segmentacji system restartuje. Oprogramowanie instaluje się z pakietów RPM przez YUM, a od wersji 10.x przez DNF. Dla aplikacji klienta są LXC, Docker i Guest Shell — środowisko oparte na CentOS (o tym, czym był CentOS i jak się skończył, opowiada strona **Red Hat, RHEL i saga CentOS**). Biała księga obiecuje ISSU „hitless, zero-packet-loss” i nazywa NX-OS „the industry’s most deployed data center operating system” — to sformułowania producenta, których nie umiem sprawdzić.

Juniper: naukowiec z Xerox PARC i router z osobnym krzemem

Sindhu, Kriens i 200 tysięcy dolarów

Historię założenia Junipera znam głównie z encyklopedii historii firm (referenceforbusiness.com), która jest źródłem wtórnym i miejscami niespójnym, więc traktuję ją ostrożnie. Według niej w II 1996 roku **Pradeep Sindhu**, wcześniej principal scientist w Xerox PARC, założył firmę za 200 tys. USD od funduszu KPCB. W VII 1996 roku spółka zawarła partnerstwo z IBM na produkcję układów ASIC, a w IX 1996 roku jej prezesem został **Scott Kriens**, współzałożyciel StrataCom — tej samej firmy, którą dwa miesiące wcześniej Cisco kupiło za 4,67 mld USD. Człowiek, którego firmę kupiło Cisco, poprowadził więc jego przyszłego konkurenta.

W XII 1997 roku firma zapowiedziała system **JUNOS** (pisany wtedy wielkimi literami), a w IX 1998 roku zaczęła wysyłać pierwszy router, **M40**, który według tej samej encyklopedii przekazywał 40 mln pakietów na sekundę. Pierwszy kwartał z przychodem, XII 1998, przyniósł 3,8 mln USD, cały rok obrotowy 1999 — 102,6 mln USD. Zatrudnienie wzrosło z 260 osób w 1999 do 650 w 2000 roku. Wśród pierwszych klientów byli operatorzy szkieletowi UUNET i Cable & Wireless.

M40: pierwszy taki router?

Computer History Museum dodało M40 do swoich zbiorów na początku 2014 roku. Guy Fedorkow, architekt w Juniperze, a wcześniej inżynier BBN i Cisco, opisał go na blogu muzeum 23 VI 2014 roku jako „the first internet router to use custom-designed silicon to accelerate the movement of internet traffic” i „the first commercially-successful product to use specialized ASIC technology to forward packets”. Zasada była prosta do opisania, trudna do zbudowania: płaszczyzna przekazywania pakietów działa na własnym krzemie, a płaszczyzna sterowania — oprogramowanie, które liczy trasy w protokołach BGP, IS-IS, RIP i OSPF — na zwykłym procesorze x86 z FreeBSD. Router przyjmował moduły interfejsów PIC (Ethernet, FDDI, SONET/SDH) i przekazywał ponad 40 Gb/s, około 40 mln pakietów na sekundę. Fedorkow zauważa, że te zasady przetrwały: rozdział płaszczyzn, układy ASIC i sterowanie na zwykłym systemie operacyjnym, FreeBSD albo Linuksie.

Hanks i Reynolds w książce „Juniper MX Series” (O’Reilly, 2012, wydanie drugie 2016) idą dalej: „The M40 was also the first router to have a true separation of the control and data planes, and the M Series was born”. Ich oś czasu zaczyna się od „1998: First separation of control and data plane”. Te oceny pochodzą jednak od autorów związanych z Juniperem — Fedorkow był architektem firmy, a Hanks według dostępnych mi informacji jej pracownikiem, czego nie potwierdziłem. Słowa „pierwszy” traktuję więc jako tezę strony zainteresowanej. Sformułowanie muzeum — „first commercially-successful” z układami ASIC — jest ostrożniejsze i tego bym się trzymał.

Artykuł InformIT „Juniper Networks Router Architecture” (bez daty, około 2002 roku) opisuje szczegóły pierwszej generacji: silnik przekazywania pakietów (Packet Forwarding Engine, PFE) miał „a shared memory, a single forwarding table, and a one-write, one-read architecture”, a jego rdzeniem był układ Internet Processor I. Routery M5, M10 i M20 dostały Internet Processor II (40 mln pakietów na sekundę), na który przeszedł potem także M40. Ten sam artykuł zauważa o wierszu poleceń JUNOS, że jest „logical UNIX-style” i że jego polecenia różnią się od poleceń innych producentów — a więc także od poleceń Cisco.

Debiut giełdowy i walka o rdzeń internetu

25 VI 1999 roku Juniper wszedł na giełdę Nasdaq pod symbolem JNPR. Akcje sprzedano po 34 USD, a pierwszego dnia kurs wzrósł o około 190%, do 98,88 USD, co dało wycenę około 4,9 mld USD — według Securities Data Corp. najwyższą wycenę pierwszego dnia notowań dla firmy technologicznej. 28 III 2000 roku pojawił się router M160. Ile rynku Juniper zdobył, zależy od tego, kto liczy i co. Źródła podają, że w segmencie najwydajniejszych routerów w 2000 roku Juniper miał od 13 do 22% rynku.[4] Cisco w tym samym zestawieniu Dell’Oro miało 75%. Kriens mówił w 2001 roku: „This is not the beginning of the end, but the end of the beginning”.

NetScreen i Trio

9 II 2004 roku Juniper ogłosił przejęcie firmy **NetScreen**, producenta zapór sieciowych, za 4 mld USD w akcjach. Razem z nią przyszedł system **ScreenOS** — osobny system, niezwiązany z Junosem, który na tej stronie wraca w rozdziale o bezpieczeństwie. Pięć lat później, 29 X 2009 roku, Juniper pokazał zestaw układów **Junos Trio**: 1,5 mld tranzystorów w czterech układach. Sindhu mówił: „We invested more than $80 million over the last five years to develop Junos Trio”. Hanks i Reynolds opisują Trio jako układy oparte na Network Instruction Set Processor (NISP), z blokami Lookup, Buffering, Interfaces i Dense Queuing, a na swojej osi czasu odnotowują „2010: First 130 Gbps PFE”. Trio stało się krzemem routerów serii MX.

Zapora VPN Juniper NetScreen 25 — urządzenie z rodziny NetScreen, która przeszła do Junipera raze

Zapora VPN Juniper NetScreen 25 — urządzenie z rodziny NetScreen, która przeszła do Junipera razem z firmą w 2004 roku. Źródło: Flickr, CC BY-SA 2.0, autor: jackthegag.

Junos od środka: FreeBSD, demony i zatwierdzanie zmian

FreeBSD od pierwszego dnia

22 VII 2008 roku Sean Michael Kerner zapytał w serwisie InternetNews (dziś w archiwum Datamation) Michaela Bushonga z Junipera, na czym właściwie działa Junos. Odpowiedź była jednoznaczna: „JUNOS software is, indeed, based on FreeBSD”. I dalej: „Customers can access a Unix shell and perform normal Unix commands”. Bushong podał też datę, która porządkuje początki: pierwsza wersja Junos została wysłana do klientów **7 VII 1998** roku. Encyklopedia referenceforbusiness pisze z kolei, że JUNOS „introduced” w XII 1997 roku.[5] Źródła podają więc, że Junos pojawił się w XII 1997 albo w VII 1998 roku — różnica wynika najpewniej z tego, że jedna data dotyczy zapowiedzi, a druga wysyłki.

W tym samym wywiadzie Bushong mówił o dwóch zasadach, które odróżniały Junipera od Cisco. Pierwsza: „We made a decision on day one that we wanted to develop and maintain a single operating system” — jeden system dla wszystkich routerów, zamiast osobnych linii dla różnych segmentów. Druga to rytm: nowy Junos co 90 dni; JUNOS 9.1 z V 2008 roku był 38. kolejnym wydaniem. Na pytanie o otwartość Bushong odpowiadał precyzyjnie: „JUNOS itself is not open source”. Juniper udostępniał partnerom zestaw narzędzi programistycznych w programach OSDP i PSDP, a całą politykę streszczał formułą „open, not open source”. Dlaczego licencja FreeBSD nie stoi temu na przeszkodzie, tłumaczy strona **FreeBSD**, a podobne wykorzystania FreeBSD w urządzeniach zbiera strona **BSD w praktyce**.

Które FreeBSD: 6.1, 10, 12 i „main”

Z jakiej wersji FreeBSD wyszedł Junos z 1998 roku, nie ustaliłem. Dokumentacja Junipera o przejściu na „upgraded BSD” mówi tylko, że klasyczna linia (legacy) była „oparta na FreeBSD 6.1”; FreeBSD 6.1 wyszedł w 2006 roku, więc pierwsze wydania musiały stać na starszym jądrze. Tytuł strony społecznościowej, która cytuje materiały Junipera, mówi to samo innymi słowami: „32bit/FreeBSD6.1 to 64bit/FreeBSD10”. Według tej strony „Junos OS with upgraded FreeBSD was first introduced in Junos OS Release 15.1 running on bare metal”, czyli bezpośrednio na sprzęcie. Nowa linia to FreeBSD 10 lub nowszy, w wersji 64-bitowej.

Od wydania 16.1 Junos może działać jako maszyna wirtualna na linuksowym systemie gospodarza (VM host) — na modułach sterujących RE-MX-X6, RE-MX-X8 i RE-PTX-X8. Dokumentacja Junipera o VM host opisuje, że instalacja „installs the host OS, tools, and the Junos VMs” z obrazu junos-vmhost-install-x.tgz, a te moduły „support only the 64-bit version of Junos OS”. Dotyczy to routerów MX204, MX240, MX480, MX960, MX2008, MX2010, MX2020 i ACX5448. Klasyczny Junos działa więc w części sprzętu na Linuksie — ale jako gość, nie na linuksowym jądrze.

Dalsze kroki dokumentacja Junipera opisuje tak. Przejścia z FreeBSD 10 na 11 i z 11 na 12 są dużymi skokami, które ułatwia osobny pakiet systemu (os-package), dołączany do obrazu od wydania 22.3R1. Wydanie 21.2R1 działa już na FreeBSD 12. Wreszcie Feature Explorer Junipera, funkcja nr 8528 „FreeBSD: Main base OS update", podaje, że od wydania **24.2R1** na platformach ACX710 i vSRX „Junos OS uses the FreeBSD main base OS", a „in earlier releases, Junos OS used the FreeBSD Release 12 base OS". Numeru wersji FreeBSD dokument nie podaje — mówi o „main", czyli o głównej gałęzi rozwojowej — i dotyczy tylko wymienionych platform.

Etap	Podstawa systemu	Uwagi
od 7 VII 1998	FreeBSD (wersja z 1998 roku nieustalona)	32 bity
do 15.1 (legacy)	FreeBSD 6.1	32 bity; swap ograniczał wykorzystanie pamięci
15.1	„upgraded FreeBSD" — FreeBSD 10	64 bity, bezpośrednio na sprzęcie
16.1	Junos jako maszyna wirtualna na linuksowym VM host	RE-MX-X6, RE-MX-X8, RE-PTX-X8
21.2R1	FreeBSD 12	przejścia 10→11→12 przez os-package (w obrazie od 22.3R1)
24.2R1	„FreeBSD main base OS"	ACX710, vSRX; numer wersji niepodany

Routing Engine, PFE i demony

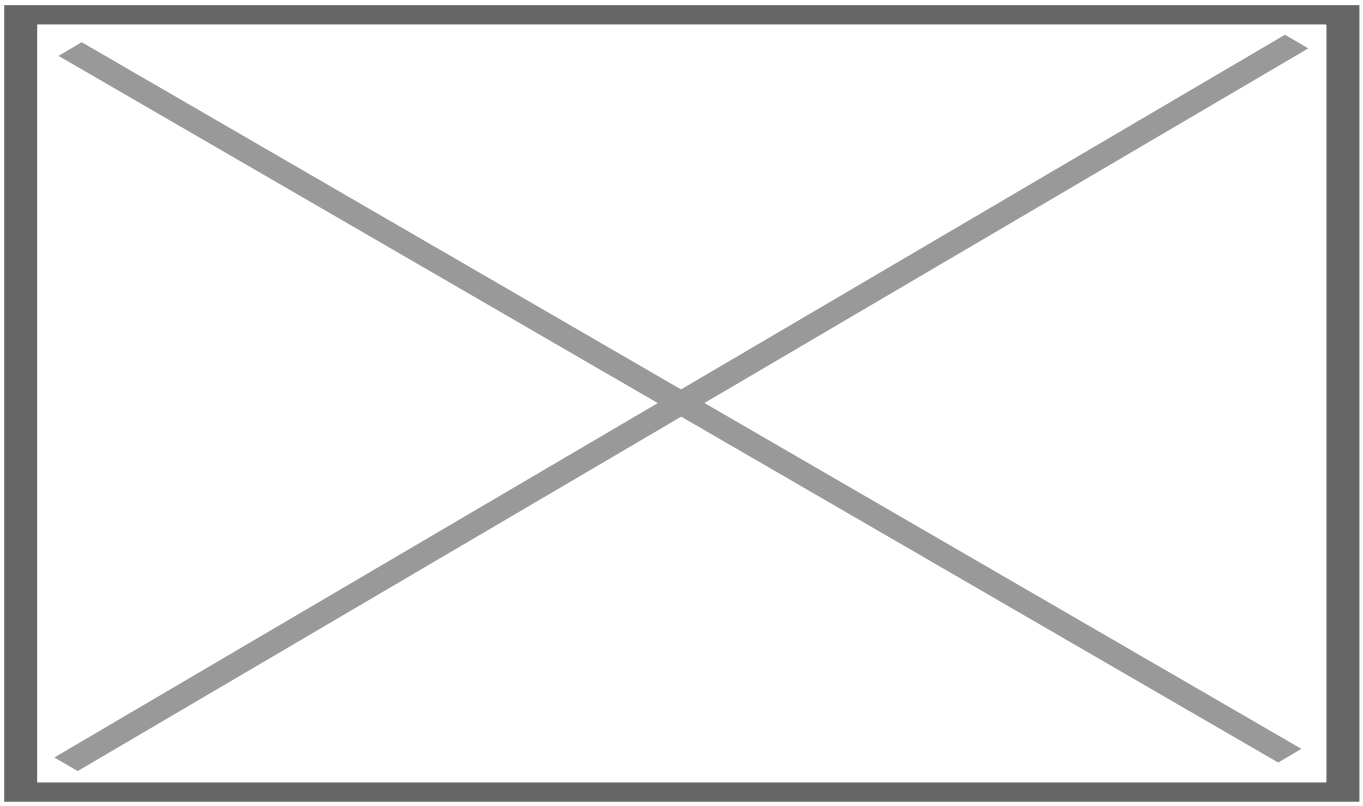
Junos od początku dzieli router na dwie części. **Routing Engine** to komputer x86 z FreeBSD, na którym działa właściwy system: protokoły routingu, zarządzanie i interfejs użytkownika. **Packet Forwarding Engine** (PFE) to krzem, który przekazuje pakiety według tablicy przygotowanej przez Routing Engine. Hanks i Reynolds wymieniają najważniejsze demony Junos: **mgd** (Management — zarządzanie i wiersz poleceń), **rpd** (Routing Protocol — protokoły routingu), **dcd** (Device Control) i **chassisd** (obudowa, ang. chassis). Każdy z nich to osobny proces FreeBSD. Z tego wyprowadzam — to mój wniosek, nie słowa autorów — że każdy ma też własną, chronioną przestrzeń pamięci, czyli to, czego w klasycznym IOS nie było.

Kandydat, commit i pięćdziesiąt wersji

Najbardziej charakterystyczną cechą Junos dla administratora nie jest jednak FreeBSD, tylko sposób zmieniania konfiguracji. Dokumentacja Junipera „Junos configuration files overview" rozróżnia dwie konfiguracje. Kandydacka (candidate) to „Working copy of the configuration" — kopia robocza, którą administrator edytuje. Aktywna to „Current committed configuration of a device" — ta, według której urządzenie działa. Zmiany w kopii roboczej nie mają wpływu na pracę urządzenia, dopóki administrator ich nie zatwierdzi poleceniem commit. W klasycznym IOS każde wpisane polecenie konfiguracji działa od razu; w Junos — dopiero po zatwierdzeniu całości.

Junos pamięta przy tym historię. Według tej samej dokumentacji „the CLI saves the current operational version and the previous 49 versions of committed configurations” — razem 50 wersji, numerowanych od 0 do 49. Bieżąca i wersje od 1 do 3 leżą w katalogu /config (na karcie CompactFlash), wersje od 4 do 49 — w /var/db/config; plik konfiguracji nazywa się juniper.conf.gz. Osobno istnieje konfiguracja ratunkowa (rescue configuration): „Well-known configuration that recovers a device from a configuration that denies management access” — znana, sprawdzona konfiguracja, do której można wrócić, gdy zmiana odcięła dostęp do zarządzania.

Najważniejszy mechanizm bezpieczeństwa opisuje dokument dla Junos 12.3. Przy zatwierdzeniu warunkowym, jeśli administrator nie potwierdzi zmiany „within a certain time (10 minutes by default)”, to „Junos OS automatically rolls back to the previous configuration” i wysyła komunikat do zalogowanych użytkowników. Dla kogoś, kto zmienia reguły filtrowania na routerze oddalonym o kilkaset kilometrów, ta jedna funkcja znaczy więcej niż cała architektura. Polecenia opisuję w rozdziale o praktyce; czy Juniper ten model „wymyślił”, rozważam w rozdziale o sporach o wiersz poleceń.



Animacja 1. *Commit confirmed w Junos krok po kroku. Zmiana, która odcięła administratorowi dostęp, cofa się sama, bo nikt nie zdążył jej potwierdzić — w klasycznym IOS taki bezpiecznik trzeba zbudować z archiwum i configure replace.*

Junos OS Evolved: Junos na Linuksie

Druga linia systemu Junipera to **Junos OS Evolved**. Dokumentacja producenta mówi o niej krótko: „Junos OS Evolved runs over a native Linux system”. Sercem jest Distributed Data Store (DDS) — magazyn stanu w modelu publikuj–subskrybuj, który według dokumentacji ma jedno zadanie:

przechowywać stan otrzymany od jednych procesów i przekazywać go innym. Dokumentacja dodaje: „Applications can be individually restarted without requiring a system reboot” — pojedyncze aplikacje można restartować bez restartu całego systemu. Evolved pozwala też mieć zainstalowanych kilka wydań naraz i wracać do poprzedniego, a domyślnie korzysta z mechanizmów integralności Linuksa (IMA i EVM), modułu TPM i bezpiecznego rozruchu UEFI. Wiersz poleceń jest według dokumentacji niemal identyczny z Junos OS.

Od kiedy Evolved istnieje, nie potrafię powiedzieć dokładnie. Najwcześniejsze wydanie, które potwierdziłem w dokumentacji Junipera, to 19.1R1 — od niego obsługiwany jest przełącznik QFX5220-32CD; QFX5220-128C od 19.2R1, a router PTX10003 z łączami 200 i 400 Gb/s od 19.3R1, z aktualizacjami pojedynczych składników bez restartu systemu. Podział jest więc taki: **Junos OS** to FreeBSD (na części sprzętu w maszynie wirtualnej na Linuksie), a **Junos OS Evolved** to Linux. Jedno i drugie ma ten sam wiersz poleceń.

Spory o kod i o wiersz poleceń

Wiersz poleceń IOS jest najbardziej znanym interfejsem w świecie sieci, a to, co znane, łatwo naśladować. Cisco dwukrotnie poszło z tym do sądu: w 2003 roku przeciw chińskiemu Huawei, w 2014 roku przeciw amerykańskiej Ariście. Obie sprawy skończyły się inaczej, niż opowiada się je w skrócie.

Cisco przeciw Huawei (2003–2004)

23 I 2003 roku Cisco ogłosiło, że wniosło pozew do sądu federalnego dla Wschodniego Dystryktu Teksasu w Marshall przeciw Huawei Technologies, Huawei America i FutureWei, a do brytyjskiego dystrybutora Spot Distribution wysłało wezwanie do zaprzestania naruszeń. Zarzuty były cztery. Po pierwsze, Huawei miał wziąć części kodu źródłowego IOS do systemu swoich routerów i przełączników **Quidway** — dowodem miały być wspólne z IOS „text strings, file names, and bugs”, czyli napisy, nazwy plików i błędy. Po drugie, skopiować duże fragmenty dokumentacji Cisco do instrukcji Quidway. Po trzecie, skopiować wiersz poleceń i ekrany pomocy. Po czwarte, naruszyć co najmniej pięć patentów na protokoły routingu. Mark Chandler, główny prawnik Cisco, mówił: „copying is not innovation and the misappropriation of intellectual property is not competition”.

ADT Magazine 29 I 2003 roku dodawał, że Cisco żądało zakazu sprzedaży i potrójnego odszkodowania, a sprawa trafiła do Teksasu, bo Huawei America miało siedzibę w Plano. Huawei odpierał zarzuty i podkreślał, że duża część jego 22 000 pracowników zajmuje się badaniami i rozwojem. W kwietniu sprawa nabrała nowego wymiaru. Light Reading 15 IV 2003 roku opisał pismo Huawei z 10 IV, w którym firma przyznała, że niektóre starsze produkty routingowe zawierały niewielką ilość kodu Cisco IOS („small amount”), ale już ich nie sprzedaje; FutureWei wycofał routery Quidway ze sprzedaży w I 2003 roku. Nowe produkty — także te ze wspólnego przedsięwzięcia z 3Com — miały być wolne od kodu Cisco, co potwierdzał prezes 3Com Bruce Claflin. Jednocześnie Huawei argumentował, że podobieństwo 1,5 mln linii do IOS niczego nie

dowodzi, bo „IOS code circulates online”. Jego adwokat Robert Haslam ujął stanowisko firmy krótko: „These routers have been redesigned”. System Huawei nazywał się **VRP**; Cisco wniosło 31 III 2003 roku o zakaz wstępny.

Do wyroku nie doszło. 30 IX 2003 roku strony zawarły porozumienie, po którym kod Huawei przejrzał niezależny ekspert („independent expert review”). 28 VII 2004 roku Cisco, Huawei i 3Com — który przystąpił do sprawy z racji wspólnego przedsięwzięcia z Huawei — złożyły wniosek o umorzenie postępowania „with prejudice”, czyli bez możliwości ponownego wniesienia tych samych roszczeń. Każda strona pokryła swoje koszty, a wyników ekspertyzy nie ujawniono. Huawei oświadczył, że jest „extremely pleased that the litigation… is now ended”. Na pytanie, czy Huawei „ukradł IOS”, nie ma więc odpowiedzi sądowej. Jest za to przyznanie samego Huawei, że niewielka ilość kodu IOS znalazła się w starszych produktach, i brak jakiegokolwiek rozstrzygnięcia co do reszty.

Cisco przeciw Ariście (2014–2018): czy wiersz poleceń da się chronić

Druga sprawa dotyczyła już wprost interfejsu. 5 XII 2014 roku Cisco pozwało Aristę Networks, producenta przełączników do centrów danych, z tytułu praw autorskich i patentów, domagając się około 335 mln USD. Cisco zarzucało, że Arista skopiowała jego wiersz poleceń „right down to the typos” — razem z literówkami. Arista odpowiadała, że tego samego CLI używa wielu rywali. 14 XII 2016 roku ława przysięgłych w sądzie federalnym dla Północnego Dystryktu Kalifornii orzekła na korzyść Aristy: „The jury held that Cisco’s CLI was not protected by copyright because of the doctrine of scenes-a-faire”. Doktryna *scènes à faire* wyłącza z ochrony elementy, które wynikają z konwencji gatunku i oczekiwań odbiorców — tu: polecenia, których inżynierowie sieci po prostu spodziewają się w przełączniku. Ława nie przyznała odszkodowania i nie stwierdziła naruszenia patentu.

Równolegle toczyło się postępowanie przed amerykańską Komisją Handlu Międzynarodowego (ITC), która uznała naruszenie dwóch (wcześniej trzech) patentów Cisco i na pewien czas zablokowała import urządzeń Aristy.[6] Mark Chandler skomentował werdykt ławy zdaniem, które dużo mówi o tym sporze: „no CLI standards body actually exists” — nie ma żadnego ciała, które ustalałoby standard wiersza poleceń. Spór zakończył się ugodą. Według raportu Cisco dla SEC (Form 8-K) 6 VIII 2018 roku strony podpisały wstępne warunki: Arista zapłaci Cisco 400 mln USD, a wszystkie toczące się spory zostaną zakończone — z wyjątkiem apelacji w sprawie praw autorskich, która miała toczyć się dalej. Przez pięć lat strony nie będą się pozywać o patenty i prawa autorskie dotyczące bieżących produktów, a „Certain limited changes shall be implemented by Arista to its user interfaces”.

Bilans jest więc dwuznaczny. Arista wygrała wątek praw autorskich do CLI przed ławą przysięgłych, ale zapłaciła 400 mln USD w ugodzie, która objęła także patenty, i zobowiązała się do zmian w interfejsie. Obiegowe zdanie „CLI Cisco jest chronione prawem autorskim” jest w świetle werdyktu z 2016 roku fałszywe; zdanie „kopiowanie CLI Cisco nic nie kosztuje” — też.

Wiersz poleceń jako standard bez ciała normalizacyjnego

Obie sprawy pokazują, w moim odczytaniu, że wiersz poleceń Cisco stał się standardem de facto: skoro, jak mówił prawnik Cisco, nie istnieje ciało normalizacyjne dla CLI, to normą jest to, czego inżynierowie się nauczyli — a nauczyli się IOS. Huawei, według zarzutów Cisco, skopiował CLI i ekrany pomocy; Arista broniła się tym, że wielu producentów używa tego samego CLI. Że CLI Cisco to najczęściej kopiowany interfejs w sieciach, mogę przedstawić tylko jako ocenę; bezpośrednich danych nie mam, a poparciem są właśnie te dwa procesy. Cisco samo pilnowało ciągłości: komunikat o ASR 1000 z 2008 roku zapewniał o IOS XE, że „existing IOS users will find it familiar".

Juniper wybrał drogę odwrotną. Jego CLI było od początku hierarchiczne, „logical UNIX-style", z kandydacką konfiguracją i zatwierdzaniem. Ciekawe jest to, co stało się potem: model kandydata i commitu pojawił się w IOS XR (od 2004 roku), a w NX-OS jako opcjonalny tryb „configure dual-stage". Czy to wpływ Junipera, nie wiem — nie znalazłem źródła, które mówiłoby wprost o inspiracji, a żadne nie twierdzi, że Juniper ten model wymyślił. Pewne jest tylko to, że w 2026 roku administrator Cisco ma do wyboru oba modele, zależnie od systemu.

Jedna rzecz dziwi w tej historii: nie znalazłem głośnego, bezpośredniego sporu patentowego między Cisco a Juniperem. Wyszukiwanie prowadziło do sporu Junipera z Palo Alto Networks i do pozwów firm Nortel i Orckit przeciw Juniperowi, ale nie do procesu dwóch głównych rywali.

Uboczny skutek: CCIE i numer 1025

Język poleceń, którego uczyli się inżynierowie, Cisco samo zamieniło w zawód. Program certyfikacji **CCIE** (Cisco Certified Internetwork Expert) ogłoszono publicznie 27 IX 1993 roku; John Chambers z Cisco mówił wtedy: „The CCIE program begins where other vendors' certification programs leave off". Yusuf Bhaiji z Cisco w blogu z 23 VIII 2023 roku opowiada historię numeracji: zaczęto od 1024, czyli 2^{10}, ale numer 1024 zawisł na tablicy w laboratorium CCIE w San Jose, a pierwszy człowiek dostał numer 1025. Network World w nekrologu z 27 VI 2013 roku podaje, kto to był: **Stuart Biggs**, który kierował zespołem tworzącym program i był pierwszym egzaminatorem w laboratorium. Swój numer uzyskał 19 VII 1993 roku, jeszcze przed publicznym ogłoszeniem. Terry Slattery z numerem 1026 był pierwszym CCIE spoza Cisco.

Serwis Cisco Heritage opowiada tę historię inaczej: według niego pierwsze wyróżnienie miało numer 1024, a liczba nawiązywała do portów TCP/IP, które od 1024 nie są zarezerwowane.[7] Źródła podają więc, że pierwszym numerem CCIE było 1024 albo 1025 — zależnie od tego, czy liczyć tablicę. Ten sam serwis podaje, że do I 2000 roku certyfikat zdobyło 4451 osób (w Europie 1432, w USA 2031), a w XI 2017 roku lista Hall of Fame liczyła 59 737 numerów.

Bezpieczeństwo jako historia: trzy incydenty i trzy lekcje

Urządzenia sieciowe są celem szczególnym: kto przejmie router, widzi i może zmieniać ruch wszystkich, którzy przez niego przechodzą. Opisuję tu trzy głośne sprawy wyłącznie jako historię i skalę — bez szczegółów technicznych, które mogłyby posłużyć do powtórzenia ataku. Każda uczy czegoś innego i każda bywa opowiadana z błędem.

SYNful Knock (2015): podmieniony obraz, nie luka

15 IX 2015 roku firma Mandiant (wtedy część FireEye) opisała implant, który nazwała **SYNful Knock**. Znalazła „at least 14 such router implants spread across four different countries: Ukraine, Philippines, Mexico, and India” — co najmniej czternaście zainfekowanych routerów w czterech krajach. Chodziło o modele Cisco 1841, 2811 i 3825, choć według badaczy prawdopodobnie zagrożone były też inne. Implant siedział w zmodyfikowanym obrazie IOS i przetrwał restart urządzenia. Najważniejsze w raporcie jest jednak to, czego w nim nie ma: luki zero-day. Mandiant pisał, że „the credentials are either default or discovered by the attacker” — napastnicy logowali się hasłami domyślnymi albo zdobytymi wcześniej. Lekcja dla administratora nie dotyczy więc łatki, tylko integralności obrazu i haseł. Przy liczbie wariantów IOS, o której pisał Lindner, sprawdzenie, czy obraz w pamięci routera jest tym, który wydał producent, nie było sprawą oczywistą.

ScreenOS i Dual EC (2015): nie Junos

W XII 2015 roku Juniper ogłosił, że nieznani sprawcy dodali do **ScreenOS** nieautoryzowany kod. Najdokładniejszą analizę opublikował zespół kryptografów — Checkoway, Cohney, Garman, Green, Heninger, Maskiewicz, Rescorla, Shacham i Weinmann — w pracy „A Systematic Analysis of the Juniper Dual EC Incident” (ePrint 2016/376, 14 IV 2016). Opisują dwie zmiany: furtkę w sprawdzaniu hasła przy logowaniu przez SSH oraz „a change to the Q parameter used by the Dual EC pseudorandom number generator”, która umożliwiała bierne odszyfrowanie ruchu VPN. Autorzy pokazali też, że zabezpieczenia, którymi Juniper miał się chronić przed atakiem na Dual EC, „are never executed”, a sam generator Dual EC włączono w wydaniu z 2008 roku.

Wnętrze zapory Juniper NetScreen 25, urządzenia z systemem ScreenOS

Wnętrze zapory Juniper NetScreen 25, urządzenia z systemem ScreenOS. Źródło: Flickr, CC BY-SA 2.0, autor: jackthegag.

Dla tej strony najważniejsze jest jedno: chodziło o ScreenOS, system zapór przejętych razem z NetScreen w 2004 roku, a nie o Junos. Te dwa systemy nie mają wspólnego rodowodu. Zdanie „backdoor był w Junosie” to błąd, który powtarza się dlatego, że oba systemy sprzedawała ta sama firma.

CVE-2023-20198 (2023): dziesiątki tysięcy urządzeń w kilka dni

16 X 2023 roku Cisco opublikowało biuletyn cisco-sa-iosxe-webui-privesc-j22SaA4z o luce **CVE-2023-20198** w interfejsie WWW systemu IOS XE, z najwyższą możliwą oceną CVSS 10.0; razem z nią opisano lukę CVE-2023-20273 z oceną 7.2. Dotyczyła ona urządzeń z IOS XE, w których włączony był interfejs WWW. Biuletyn wymieniał wprost, czego luka nie dotyczy: klasycznego IOS, NX-OS, ASA, FTD, ISE ani wydań IOS XE sprzed wersji 16. Poprawki przyszły w wydaniach 17.9.4a, 17.6.6a, 17.3.8a i — dla Catalyst 3650 i 3850 — 16.12.10a. Biuletyn stwierdzał też: „There are no workarounds that address these vulnerabilities”, a do czasu instalacji poprawki zalecał wyłączenie serwera HTTP.

Skala była ogromna. SecurityWeek 19 X 2023 roku pisał, że lukę wykorzystywano jako zero-day „since at least mid-September”. Liczby podawane przez firmy badawcze rosły z dnia na dzień i różniły się metodą liczenia: źródła podają, że skompromitowanych urządzeń mogło być od około 10 000 do około 42 000.[8] Według tych samych danych najwięcej zainfekowanych urządzeń było w USA, na Filipinach i w Ameryce Łacińskiej. To, co wynika z tej historii dla praktyki — wyłączanie interfejsów zarządzania, których nikt nie używa — opisuję w rozdziale o praktyce, a reakcję CERT Polska w wątku polskim.

Juniper w HPE i rynek w 2025 roku

Czternaście miliardów i półtora roku w sądzie

9 I 2024 roku Hewlett Packard Enterprise ogłosił, że kupi Junipera za 40,00 USD gotówką za akcję, z premią około 32% wobec kursu z 8 I 2024 roku. Komunikat złożony w SEC wyceniał transakcję na około 14 mld USD, zapowiadał 450 mln USD rocznych oszczędności, osiągniętych w ciągu 36 miesięcy i obiecywał, że przejęcie „is expected to double HPE’s networking business” — podwoi sieciową część HPE. Prezes HPE Neri mówił o „important inflection point in the industry”. Zamknięcie zapowiadano na koniec 2024 albo początek 2025 roku.

Stało się inaczej. 30 I 2025 roku Departament Sprawiedliwości USA (DOJ) pozwał obie firmy przed sądem federalnym dla Północnego Dystryktu Kalifornii, żeby zablokować transakcję. Według TechTarget DOJ argumentował, że HPE razem z Cisco miałyby ponad 70% amerykańskiego rynku sprzętu sieci bezprzewodowych dla firm; proces wyznaczono na 9 VII 2025 roku. Do procesu nie doszło: pod koniec czerwca 2025 roku strony zawarły ugodę.[9] HPE zobowiązało się sprzedać swój biznes **Instant On** — według TechTarget w ciągu 180 dni, nabywcy zatwierdzonemu przez DOJ — i wystawić na aukcję wieczystą, niewyłączną licencję na kod źródłowy **Juniper Mist AIOps**. 2 VII 2025 roku transakcja została zamknięta; akcjonariusze Junipera dostali łącznie około 13,4 mld USD, a Juniper stał się spółką zależną HPE w 100%.[10] Źródła podają więc, że Juniper kosztował około 13,4 albo około 14 mld USD.

Ugoda musiała jeszcze przejść procedurę z ustawy Tunney Act, która wymaga zgody sądu na ugody antymonopolowe. Kalendarium serwisu appliedantitrust.com pokazuje, że nie była to formalność. 10 VII 2025 roku projekt opublikowano w Federal Register z 60 dniami na uwagi. 18 VIII 2025 roku Roger Alford, były urzędnik Wydziału Antymonopolowego DOJ, powiedział w publicznym wystąpieniu, że ugodę „perverted” wpływy polityczne. 14 X 2025 roku trzynastu stanowych prokuratorów generalnych wniosło o dopuszczenie do sprawy, a 18 XI 2025 roku sędzia P. Casey Pitts się na to zgodził; 14 XI DOJ złożył poprawiony projekt wyroku z rozszerzonymi środkami. 26 I 2026 roku sąd odmówił nakazania, by firmy działały osobno do czasu rozstrzygnięcia — integracja była już w dużej mierze przeprowadzona.

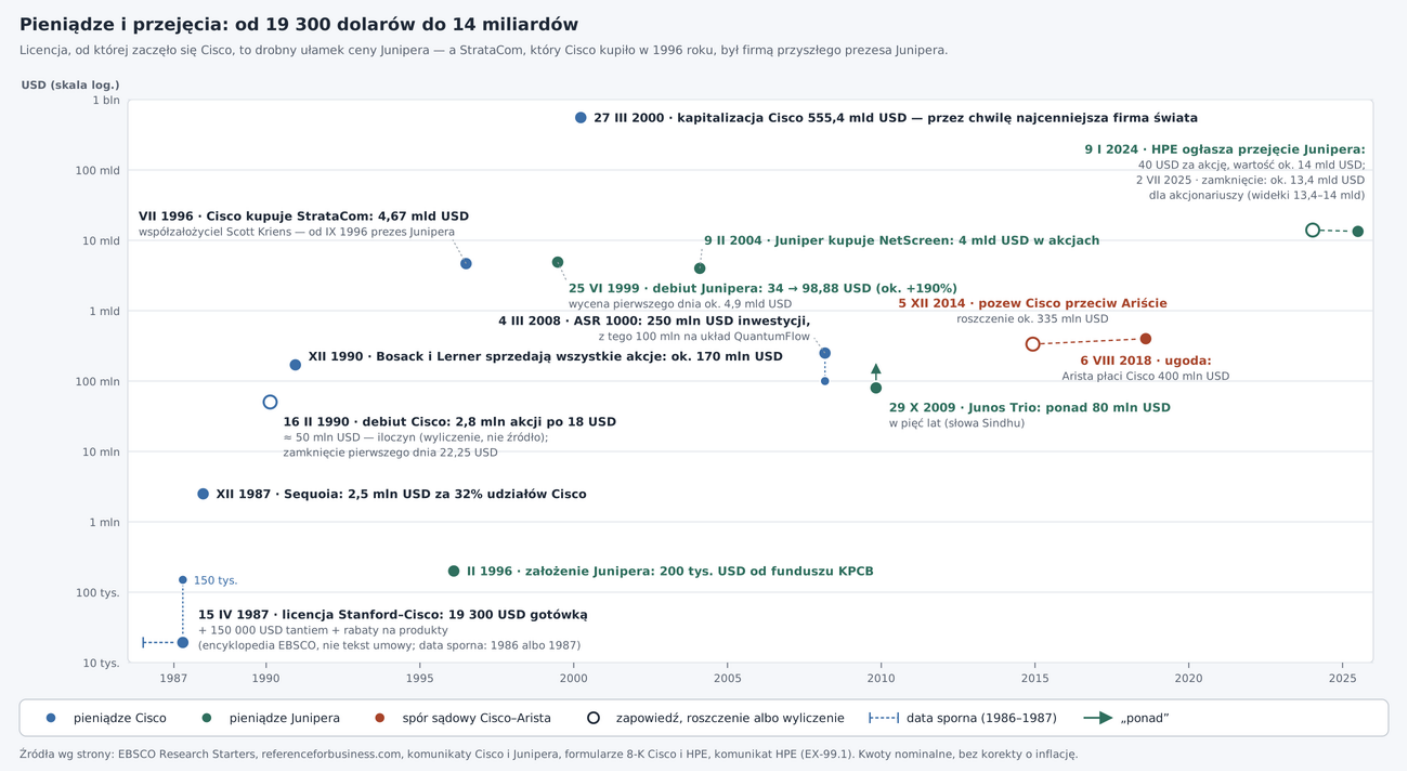
Według Daily Journal z 13 VIII 2026 roku sędzia Pitts zatwierdził ugodę i wydał poprawiony wyrok końcowy w środę późnym wieczorem, a więc najpewniej 12 VIII 2026 roku.[11] Uzasadnienie było chłodne: „There is little doubt that permitting HPE’s acquisition of Juniper to go forward may lessen competition”, ale „The states may still bring their own challenge to the merger”. Prokurator generalny Kalifornii Bonta mówił, że ugodę zatwierdzono „under duress after the Trump Administration threatened to dismiss the lawsuit”. Przeciw ugodzie występowało trzynaście stanów pod przewodnictwem Kolorado i jego prokuratora generalnego Phila Weisera. Dla administratora z tej sagi wynika na razie jedno: dokumentacja i wsparcie Junos nadal są pod adresem juniper.net, natomiast blogs.juniper.net w X 2026 roku przekierowuje już na community.hpe.com.

Rynek: wtedy i dziś

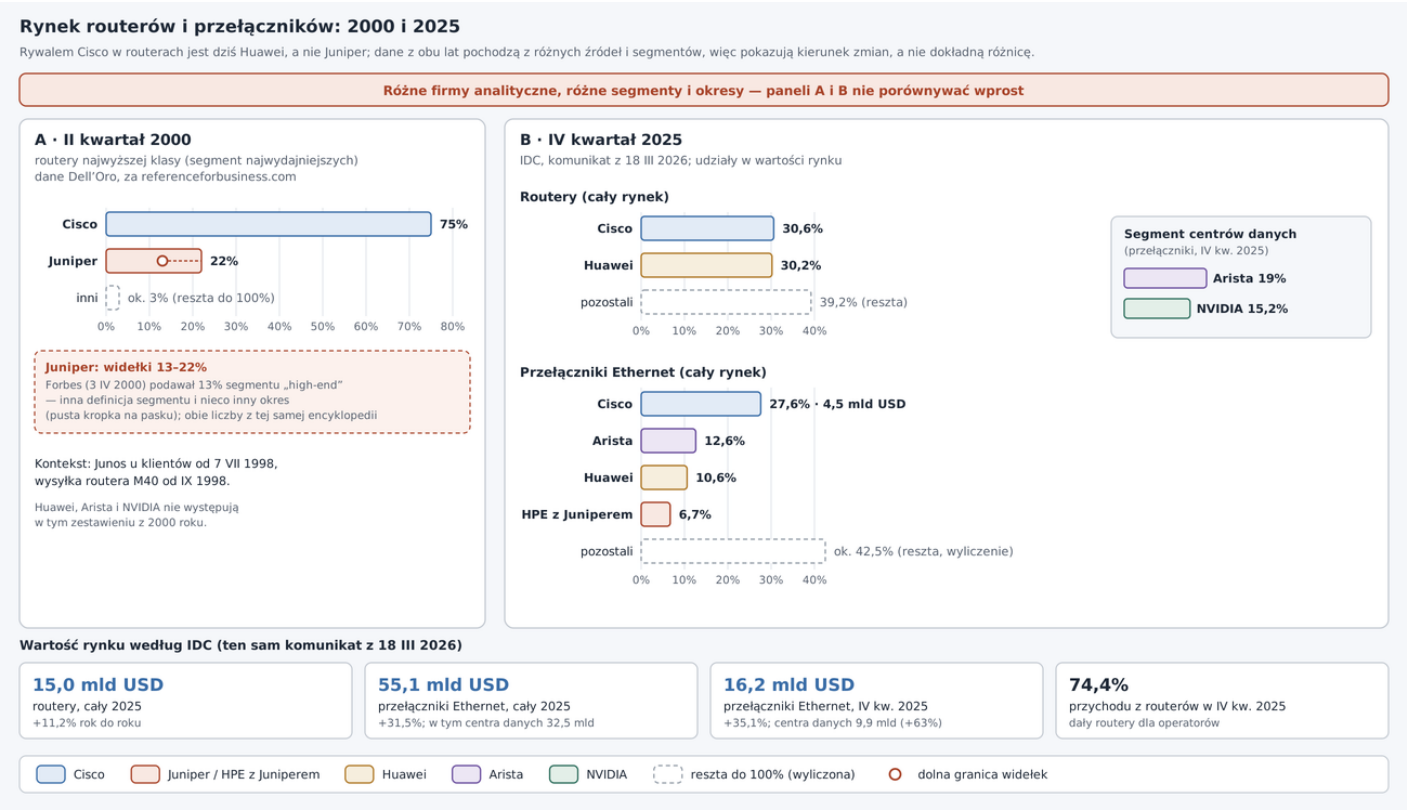
W II kwartale 2000 roku, według danych Dell’Oro, Cisco miało 75% rynku najwydajniejszych routerów, a Juniper 22%. Ćwierć wieku później obraz jest zupełnie inny, choć trzeba pamiętać, że liczby z obu okresów pochodzą od różnych firm analitycznych i dotyczą różnych segmentów. IDC 18 III 2026 roku podało, że w IV kwartale 2025 roku rynek przełączników Ethernet był wart 16,2 mld USD (o 35,1% więcej niż rok wcześniej), z czego segment centrów danych 9,9 mld (+63%). W całym 2025 roku sprzedano przełączniki za 55,1 mld USD (+31,5%), w tym za 32,5 mld do centrów danych, i routery za 15,0 mld USD (+11,2%); routery dla operatorów stanowiły w IV kwartale 74,4% przychodu z routerów.

W przełącznikach Cisco w IV kwartale 2025 roku miało 27,6% rynku (4,5 mld USD), Arista 12,6% (i 19% segmentu centrów danych), Huawei 10,6%, a HPE razem z Juniperem 6,7%; w samych centrach danych NVIDIA miała 15,2%. W routerach Cisco i Huawei szły łeb w łeb: 30,6% i 30,2%.

Dawny pojedynek Cisco z Juniperem zamienił się więc w rywalizację z firmami, których w 2000 roku nie było w tych zestawieniach — Huawei w routerach, Arista i NVIDIA w centrach danych — a Juniper jest dziś częścią sieciowego biznesu HPE.



Rysunek 3. *Najważniejsze kwoty tej historii na jednej osi. Warto zauważyć, że licencja, od której zaczęło się Cisco, kosztowała mniej niż jedna dziesięciotysięczna ceny, jaką HPE zapłaciło za Junipera — i że Cisco kupiło firmę przyszłego prezesa swojego największego rywala.*



Rysunek 4. *Udziały w rynku w 2000 i 2025 roku. Warto zauważyć, że rywalem Cisco w routerach jest dziś Huawei, a nie Juniper, i że dane z obu lat pochodzą z różnych źródeł i segmentów, więc pokazują kierunek zmian, a nie dokładną różnicę.*

Licencje Cisco: od pliku z funkcjami do subskrypcji

W czasach klasycznego IOS o tym, co router potrafi, decydował obraz: zestaw funkcji był wkompilowany w plik, a kto chciał więcej, kupował inny plik. Obraz uniwersalny w routerach ISR G2 odwrócił tę logikę — wszystkie funkcje są w pliku, a licencja je odblokowuje. Kolejne kroki przeniosły licencję z urządzenia na konto klienta i z zakupu jednorazowego na subskrypcję.

Catalyst 9000 i subskrypcje DNA (2017)

Mark Hill z Cisco w blogu z 21 VI 2017 roku opisywał „yesterday's introduction" — czyli premierę z 20 VI 2017 roku — przełączników **Catalyst 9000** razem z nowym sposobem kupowania oprogramowania. Subskrypcja **DNA Essentials** obejmowała automatyzację i monitoring, **DNA Advantage** dodawała SD-Access, Assurance i ETA; obie miały być dostępne także dla starszych przełączników Catalyst 3K, 4K i 6K. Hill reklamował model słowami „Subscription buying assures customers that their software is always up-to-date" i przedstawiał go jako przejście z wydatków inwestycyjnych na operacyjne.

Jak to wygląda w zamówieniu, pokazuje przewodnik zamawiania przełączników Catalyst 9400 z VI 2024 roku. Zamówienie ma trzy składniki: sprzęt, licencję **Network Stack** (Network Essentials albo Network Advantage), która jest „perpetual and included with the hardware by default" — wieczysta i domyślnie dołączona do sprzętu — oraz subskrypcję DNA albo Catalyst na 3, 5 lub 7 lat, domyślnie na 5. Przewodnik jest kategoryczny: „Both a network stack license and Cisco DNA or Catalyst software subscription license are mandatory" i „A Smart Account is mandatory at the time of the order". Nie da się więc kupić nowego przełącznika Catalyst 9400 bez subskrypcji i bez konta w systemie licencji Cisco.

Co się dzieje, gdy subskrypcja wygaśnie? Tu krąży mit, że przełącznik przestaje działać. FAQ Cisco o subskrypcjach Catalyst i DNA mówi coś innego: urządzenie działa dalej z funkcjami z licencji Network Stack, „Layer 2/Layer 3 services will continue working", a w sieciach bezprzewodowych „the WLAN controllers and access points will continue to function". Kończą się aktualizacje i funkcje z warstwy DNA. Ten sam dokument wyjaśnia też, że dawne poziomy licencji LAN Base, IP Base i IP Services zastąpiły Network Essentials i Network Advantage.

Smart Licensing Using Policy

Od strony urządzenia licencjami zarządza mechanizm **Smart Licensing Using Policy**. Historia funkcji w dokumentacji Cisco podaje, że wprowadzono go w IOS XE Amsterdam 17.3.2 jako „An enhanced version of Smart Licensing”, i dodaje: „Starting with this release, Smart Licensing Using Policy is automatically enabled on the device”. W jakim roku wyszło wydanie 17.3.2, dokument nie mówi i tego nie ustaliłem.

Według opisu „How Smart Licensing Using Policy Works” urządzenie raportuje zużycie licencji w raportach RUM. Raporty trafiają do CSSM (Cisco Smart Software Manager) pod adresem software.cisco.com, bezpośrednio albo przez pośredników: narzędzie raportowe CSLU dla Windows i Linuksa albo SSM On-Prem, lokalny serwer licencji, który w wersji 8 obsługuje do 300 000 instancji produktów. Dla sieci bez łączności z internetem jest tryb, w którym raporty RUM i kody zaufania (trust code) przenosi się w plikach. Licencja eksportowo kontrolowana HSECK9 (silna kryptografia) wymaga dodatkowo kodu autoryzacji SLAC, a licencje rozliczane z dołu w programie MSLA — raportu RUM i potwierdzenia co 30 dni. Polecenia, które dokumentacja wymienia w tym kontekście, zebrałem w rozdziale o praktyce.

Praktyka administratora 2026

Ten rozdział zbiera to, co w październiku 2026 roku mówią dokumenty Cisco i Junipera: jaki to system, jakie wydanie wybrać, jak długo będzie poprawiane, jak działa licencja i jak bezpiecznie zmieniać konfigurację. Polecenia podaję wyłącznie w postaci z dokumentacji producenta, razem z nazwami argumentów (number, url, minutes).

Najpierw ustalić, który to system

W rodzinie Cisco podział jest dziś w przybliżeniu taki. Sieć kampusowa i firmowa to **IOS XE** — przede wszystkim przełączniki Catalyst 9000, z wieczystą licencją Network Stack, subskrypcją DNA albo Catalyst na 3, 5 lub 7 lat i obowiązkowym kontem Smart Account. Sieci operatorskie to **IOS XR**, centra danych — **NX-OS**. Klasyczny **IOS 15.x** żyje na starszym sprzęcie, w wydaniach M z rebuildami do 54 miesięcy. To moje uproszczenie, ale wystarcza, żeby wiedzieć, której dokumentacji szukać.

U Junipera trzeba odróżnić **Junos OS** (FreeBSD; na nowszych modułach sterujących MX i PTX jako maszyna wirtualna na linuksowym VM host) od **Junos OS Evolved** (natywny Linux, na przykład przełączniki QFX5220 i router PTX10003). Wiersz poleceń jest niemal ten sam, ale procedury instalacji, aktualizacji i odzyskiwania — nie.

Które wydanie: EM, M i EEOL

Przy IOS XE zasada z przewodnika Cisco jest prosta: do produkcji wybiera się wydania **EM** (extended maintenance), a nie SM — od 16.9 EM pojawia się co 36 miesięcy i dostaje siedem

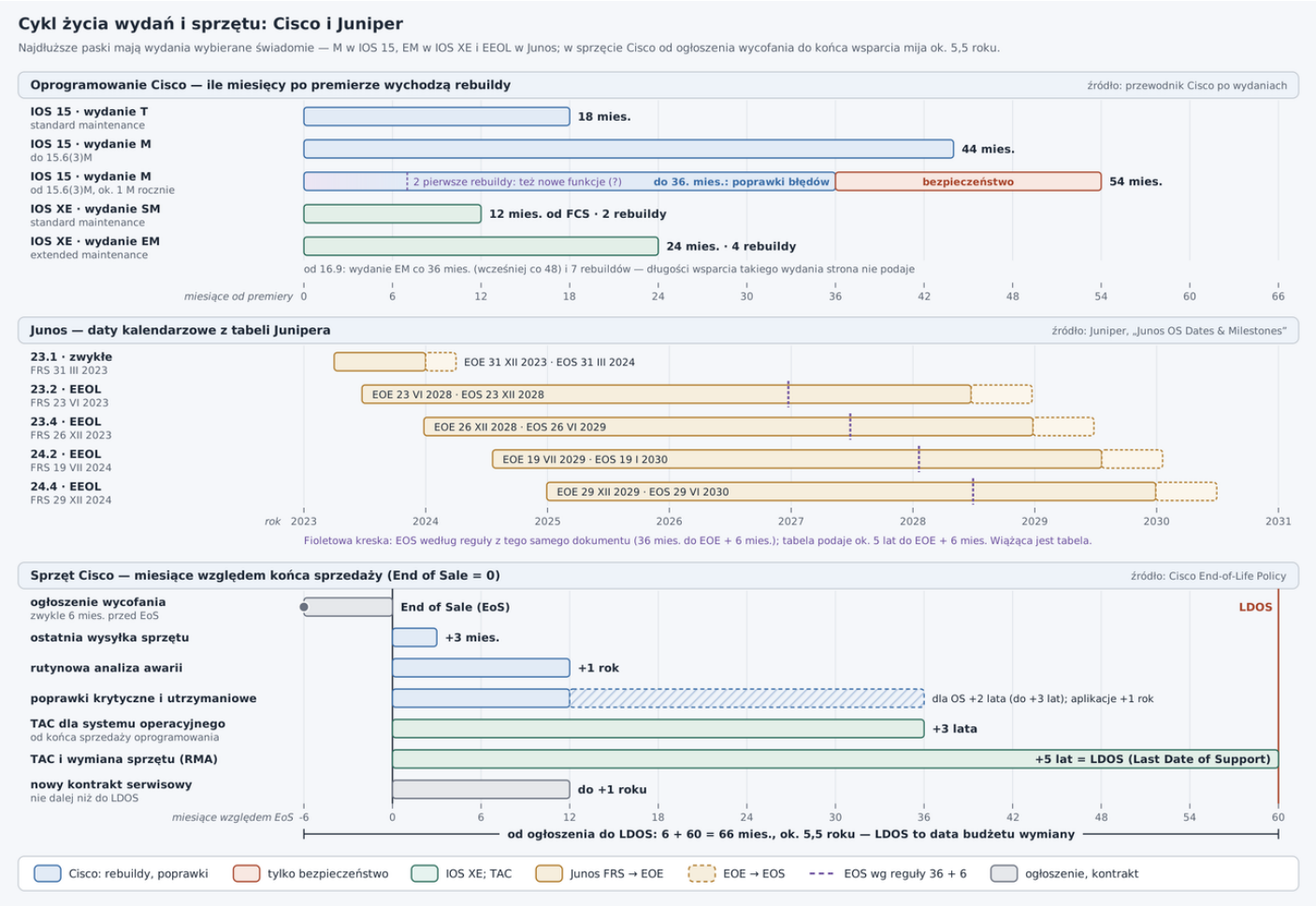
rebuildów. Przy klasycznym IOS 15 zostały już tylko wydania M, z 54 miesiącami poprawek podzielonymi na fazy: funkcje, błędy, a w ostatnich 18 miesiącach wyłącznie bezpieczeństwo. Kto w 2026 roku ma router na wydaniu w fazie samych poprawek bezpieczeństwa, powinien planować migrację, a nie kolejną aktualizację.

Juniper w dokumencie „Junos OS Dates & Milestones" rozróżnia wydania zwykłe i wydania z wydłużonym końcem życia (EEOL). Dla EEOL reguła brzmi: „EOE date: The date thirty-six (36) months after first general availability date" i „EOL/EOS date: The date six (6) months after the EOE date"; dla wydań od 12.1 do 14.2 okres EOE wynosił 24 miesiące, dla wydań od 15.1 do 19.4 — 36. Tabela w tym samym dokumencie podaje jednak dla nowszych wydań EEOL daty odległe o około pięć lat od premiery.[12] Źródła podają więc, że wsparcie wydania EEOL kończy się po około trzech i pół albo po około pięciu i pół roku od premiery; dla konkretnego wydania wiążąca jest tabela. W praktyce wybiera się wydania EEOL, czyli xx.2 i xx.4.

Wydanie Junos	Typ	Premiera (FRS)	Koniec wsparcia inżynieryjnego (EOE)	Koniec wsparcia (EOS)
23.1	zwykłe	31 III 2023	31 XII 2023	31 III 2024
23.2	EEOL	23 VI 2023	23 VI 2028	23 XII 2028
23.4	EEOL	26 XII 2023	26 XII 2028	26 VI 2029
24.2	EEOL	19 VII 2024	19 VII 2029	19 I 2030
24.4	EEOL	29 XII 2024	29 XII 2029	29 VI 2030

Cykl życia sprzętu Cisco

Polityka końca życia produktów Cisco (End-of-Life Policy) układa się w stały wzór. Ogłoszenie wycofania wychodzi zwykle sześć miesięcy przed końcem sprzedaży (End of Sale). Ostatnia wysyłka sprzętu następuje trzy miesiące po końcu sprzedaży. Rutynowa analiza awarii trwa przez rok, a poprawki krytyczne i utrzymaniowe — rok od końca sprzedaży, potem jeszcze dwa lata dla systemów operacyjnych i rok dla aplikacji. Wsparcie TAC dla systemu operacyjnego trwa trzy lata od końca sprzedaży oprogramowania, a TAC i wymiana sprzętu (RMA) — **pięć lat od końca sprzedaży**. Nowy kontrakt serwisowy można zawrzeć do roku po końcu sprzedaży, ale nie dalej niż do LDOS (Last Date of Support), a Cisco nie sprzedaje subskrypcji wykraczających poza tę datę. Wniosek dla planowania: datą, do której liczy się budżet wymiany, jest LDOS, a nie dzień ogłoszenia.



Rysunek 5. *Jak długo producent poprawia wydanie i wspiera sprzęt. Warto zauważyć, że najdłuższe paski mają wydania wybrane świadomie — M w IOS 15, EM w IOS XE i EEOL w Junos — a w sprzęcie Cisco od ogłoszenia wycofania do końca wsparcia mija około pięciu i pół roku.*

Licencje: sprawdzić stan, zanim zapyta audytor

Od IOS XE 17.3.2 Smart Licensing Using Policy jest włączone automatycznie, więc każde urządzenie z nowszym IOS XE raportuje zużycie. W sieci z dostępem do internetu raporty mogą iść bezpośrednio do CSSM; w sieci odciętej trzeba zbudować pośrednictwo — CSLU albo SSM On-Prem — albo przenosić raporty RUM w plikach. Dokumentacja Cisco wymienia trzy polecenia w trybie uprzywilejowanym (privileged EXEC): wymuszenie synchronizacji z serwerem licencji, wyświetlenie identyfikatora urządzenia (UDI) i stanu licencji.

```
license smart sync
show license udi
show license status
```

Dla przełączników Catalyst warto pamiętać o FAQ Cisco: wygaśnięcie subskrypcji DNA albo Catalyst nie wyłącza przełączania i routingu, ale zamyka dostęp do aktualizacji i funkcji z warstwy subskrypcji.

Zmiana konfiguracji bez odcięcia sobie dostępu

Klasyczny błąd przy pracy zdalnej to zmiana, po której router przestaje odpowiadać na połączenie, przez które ją wprowadzono. Każdy z systemów opisanych na tej stronie ma na to mechanizm, ale każdy inny.

Środowisko przedprodukcyjne — laboratorium testowe z routerami Cisco i zaporami NetScreen

Środowisko przedprodukcyjne — laboratorium testowe z routerami Cisco i zaporami NetScreen. Źródło: Flickr, CC BY-SA 2.0, autor: Leonardo Rizzi.

Junos. Zatwierdzenie warunkowe to polecenie `commit confirmed`, po którym można podać liczbę minut; bez tej liczby obowiązuje 10 minut. Jeśli w tym czasie administrator nie potwierdzi zmiany poleceniem `commit` albo `commit check`, system sam wraca do poprzedniej konfiguracji i powiadamia zalogowanych użytkowników. Przed zatwierdzeniem warto porównać kandydata z konfiguracją aktywną: `show | compare` (domyślnie kandydat wobec aktywnej; można też wskazać plik albo `rollback n`). Do wcześniejszej wersji wraca się w trybie konfiguracji poleceniem `rollback` z numerem od 0 do 49, a listę wersji z datą, użytkownikiem i sposobem zatwierdzenia pokazuje `rollback ?`. Konfigurację ratunkową aktywuje się według tej samej strony dokumentacji przez jej załadowanie i zatwierdzenie poleceniem `commit`.

```
[edit]
user@host# show | compare
user@host# commit confirmed
user@host# commit
user@host# rollback ?
user@host# rollback number
```

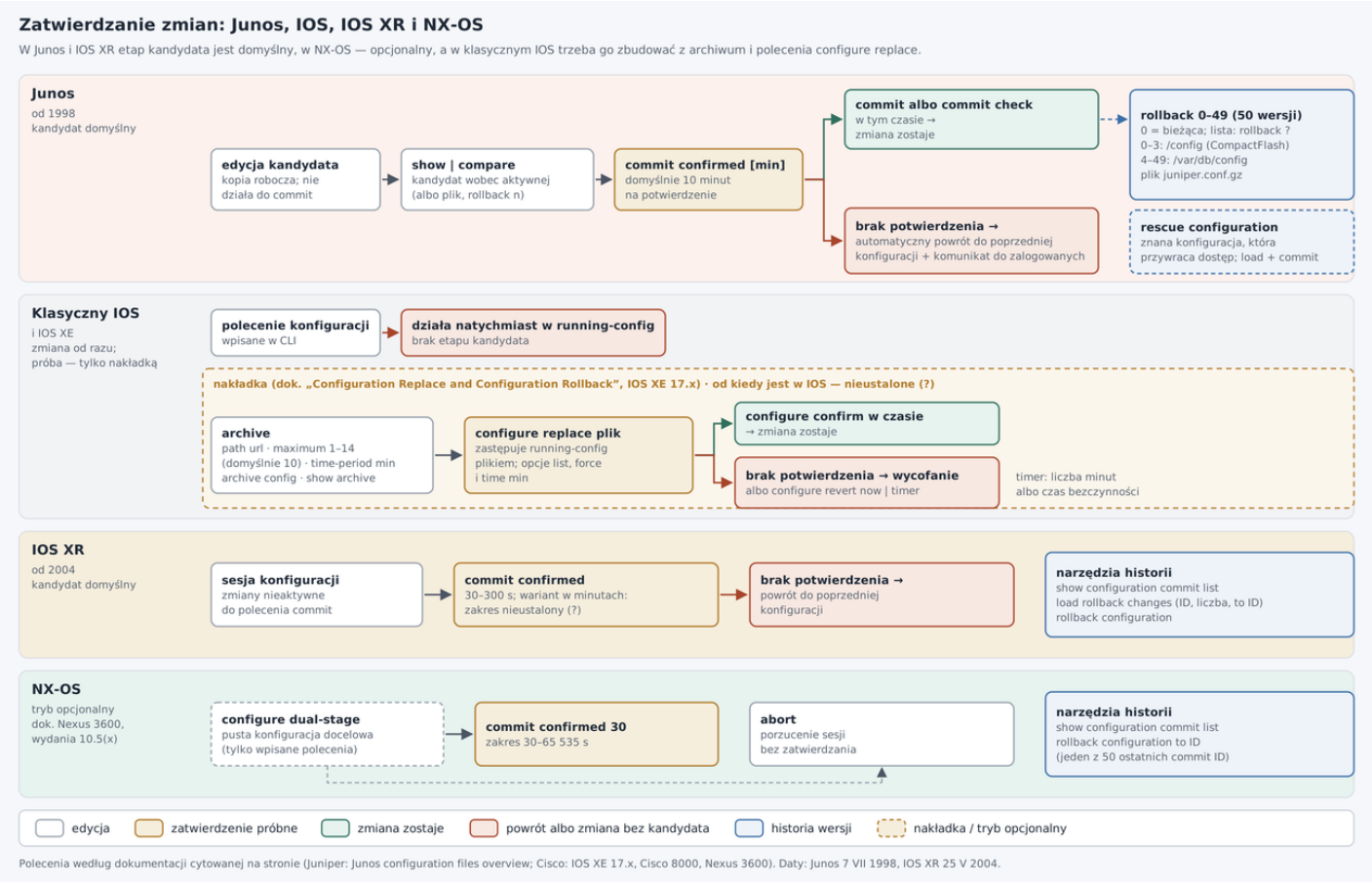
IOS i IOS XE. Klasyczny IOS stosuje każde polecenie od razu; mechanizm próbnej zmiany jest w nim nakładką. Dokumentacja „Configuration Replace and Configuration Rollback” dla IOS XE 17.x opisuje najpierw archiwum konfiguracji. W trybie `archive` polecenie `path` z adresem URL wskazuje miejsce i przedrostek plików, `maximum` ustala liczbę przechowywanych wersji („Valid values are from 1 to 14. The default is 10.”), a `time-period` z liczbą minut włącza automatyczne zapisy. Bieżącą konfigurację zapisuje do archiwum `archive config`, zawartość archiwum pokazuje `show archive`.

```
archive
 path url
 maximum number
 time-period minutes
```

Polecenie `configure replace` z adresem zapisanego pliku zastępuje bieżącą konfigurację (running-config) zawartością tego pliku; ma opcje `list`, `force` i `time` z liczbą minut. Przy opcji `time` administrator musi w podanym czasie wydać `configure confirm`, inaczej zmiana zostanie wycofana. Wycofanie można też wymusić albo zaplanować poleceniem `configure revert` w wariantach `now` i `timer` (z liczbą minut albo czasem bezczynności).

IOS XR. Dokumentacja Cisco 8000 mówi: „Changes made during a configuration session are inactive until the commit command is entered”. Składnia zatwierdzenia to `commit [best-effort] [comment line] [confirmed [seconds | minutes minutes]]`; okres próbny podany w sekundach wynosi od 30 do 300 sekund, po czym system wraca do poprzedniej konfiguracji. Zakresu dla wariantu w minutach nie odczytałem. Listę zatwierdzeń pokazuje `show configuration commit list`, a do wcześniejszego stanu wraca się przez `load rollback changes` (z identyfikatorem zatwierdzenia, liczbą ostatnich zatwierdzeń albo „to” identyfikator) lub `rollback configuration`.

NX-OS. Przewodnik konfiguracji Nexus 3600 dla wydań 10.5(x) opisuje dwuetapowe zatwierdzanie. Polecenie `configure dual-stage` otwiera sesję z pustą konfiguracją docelową, która zawiera tylko wpisane polecenia. Przykład z dokumentacji to `commit confirmed 30` (zakres od 30 do 65 535 sekund) i `rollback configuration to 1000000002` — powrót do jednego z 50 ostatnich identyfikatorów zatwierdzeń. Listę pokazuje `show configuration commit list`, sesję porzuca się poleceniem `abort`.



Rysunek 6. *Cztery sposoby bezpiecznej zmiany konfiguracji. Warto zauważyć, że w Junos i IOS XR etap kandydata jest domyślny, w NX-OS — opcjonalny, a w klasycznym IOS trzeba go zbudować z archiwum i polecenia configure replace.*

Junos: przejście z FreeBSD 6.1 na „upgraded FreeBSD”

Dokumentacja Junipera o aktualizacji do „upgraded BSD” ostrzega przed kilkoma rzeczami naraz. Aktualizacja z klasycznej linii formatuje system plików — zachowane zostają tylko /config i /var/db. Jednym krokiem można przeskoczyć najwyżej dwa wydania. Przy przejściu z linii klasycznej na nową dokumentacja zaleca opcje walidacji no-validate, validate-on-host albo validate-on-routing-engine. Przejścia między głównymi wersjami FreeBSD (10→11, 11→12) ułatwia pakiet os-package, który od 22.3R1 jest częścią obrazu. Dokumentacja wspomina też o ograniczeniu starej linii: przed 15.1 przestrzeń wymiany liczono do partycji, co w obrazach 32-bitowych ograniczało użyteczną pamięć. Na modułach sterujących z VM host (RE-MX-X6, RE-MX-X8, RE-PTX-X8) obowiązuje osobna procedura z obrazem junos-vmhost-install, który instaluje system gospodarza, narzędzia i maszyny wirtualne Junos.

Interfejs WWW i integralność obrazu

Lekcja z CVE-2023-20198 jest najprostsza do wdrożenia: interfejs WWW IOS XE, jeśli nikt go nie używa, należy wyłączyć. Biuletyn Cisco podaje sposób sprawdzenia, czy serwer HTTP jest włączony, i polecenia wyłączające go w trybie konfiguracji globalnej. Jeśli interfejs musi zostać, biuletyn pokazuje ograniczenie dostępu listą ACL — w przykładzie lista numer 75.

```
show running-config | include ip http server|secure|active
no ip http server
no ip http secure-server
ip http access-class ipv4 75
```

Lekcja z SYNful Knock jest starsza i mniej efektowna: żadnych haseł domyślnych na urządzeniach sieciowych i sprawdzanie, czy obraz systemu jest tym, który wydał producent. Mandiant podkreślał, że napastnicy nie potrzebowali luki — wystarczyły im dane logowania.

Juniper pod HPE: co się zmienia

Dla użytkowników Junos przejęcie przez HPE zmieniło na razie adresy, a nie system. Dokumentacja, tabela cyklu życia wydań i Feature Explorer są nadal w domenie juniper.net; blogi przeniesiono pod community.hpe.com. Ugoda z DOJ dotyczyła biznesu Instant On (do sprzedaży) i licencji na kod Mist AIOps — nie Junos. Nie znalazłem źródła, które zapowiadałoby zmiany w planach rozwoju Junos albo Junos OS Evolved, więc w planowaniu na najbliższe lata trzymałbym się tabeli dat Junipera i obserwował, co HPE ogłosi o łączeniu linii sieciowych.

Mity i sprostowania

Człon opowieści	Werdykt	Dlaczego
„Małżeństwo ze Stanfordu połączyło sieci dwóch budynków, żeby do siebie pisać”	nie da się ustalić	Anegdota bez źródła pierwotnego; Rindfleisch pisze, że Bosack i Lerner nie mieli roli w budowie sieci kampusowej przed 1985 rokiem.
„Bosack i Lerner napisali oprogramowanie pierwszego routera”	przewraca się	Oprogramowanie pisał od 1980 roku Bill Yeager; Bosack i Kirk Lougheed przejęli kod w 1985 roku.
„Cisco ukradło router Stanfordowi”	przewraca się w wersji prostej	Spór był (odmowa zgody w 1985, konfrontacja z Lesem Earnestem w 1986), ale zakończyła go licencja z 15 IV 1987: 19 300 USD gotówką, 150 000 USD tantiem i rabaty. Stanford opowiada dziś tę historię jako własny sukces.

Człon opowieści	Werdykt	Dlaczego
„Cisco założono w 1984 roku”	broni się	Rejestracja spółki 10 XII 1984; pierwsze produkty według EBSCO w III 1986.
„IOS to monolit bez ochrony pamięci”	broni się dla klasycznego IOS	Cisco Press (2000): brak ochrony pamięci wirtualnej między procesami, planista run-to-completion; Lindner (2008): jeden plik ELF, pełny dostęp każdego procesu do pamięci.
„Cisco do dziś sprzedaje ten sam monolit”	częściowo	IOS 15.x żyje (wydania M z 54 miesiącami poprawek), ale nowe platformy mają IOS XE (IOS jako proces Linuksa), IOS XR i NX-OS.
„IOS XE to po prostu nowa wersja IOS”	przewraca się	Jądro Linux, IOSd jako jeden z procesów, rozdzielone płaszczyzny sterowania i danych; wspólny jest wiersz poleceń.
„IOS XR był zawsze linuksowy”	przewraca się	Od 2004 roku na mikrojądrze QNX; linuksowy IOS XR od początku 2014 roku na pierwszym routerze, linia 6.x.
„Junos stoi na FreeBSD od 1998 roku”	broni się	Bushong (Juniper, 2008): „based on FreeBSD”, pierwsza wersja wysłana 7 VII 1998.
„Juniper porzucił FreeBSD dla Linuksa”	przewraca się	Są dwie linie: Junos OS (FreeBSD; od 24.2R1 na części platform „FreeBSD main”) i Junos OS Evolved (Linux).
„Juniper wymyślił commit i rollback”	nie da się ustalić	Brak źródła o pierwszeństwie. Pewne jest, że Junos ma kandydata, commit confirmed z 10 minutami i 50 wersji, a podobny model ma IOS XR i opcjonalnie NX-OS.
„M40 jako pierwszy rozdzielił sterowanie i przekazywanie”	teza strony zainteresowanej	Tak piszą autorzy związani z Juniperem; Computer History Museum mówi ostrożniej: pierwszy sukces komercyjny z ASIC do przekazywania pakietów.
„Huawei ukradł IOS — udowodniono to w sądzie”	przewraca się	Wyroku nie było: umorzenie „with prejudice” 28 VII 2004 po niejawnej ekspertyzie. Huawei sam przyznał „small amount” kodu IOS w starszych produktach.
„CLI Cisco jest chronione prawem autorskim”	przewraca się	Ława przysięgłych 14 XII 2016: *scènes à faire*. Arista zapłaciła jednak 400 mln USD w ugodzie z 2018 roku, która objęła patenty i zmiany w interfejsie.

Człon opowieści	Werdykt	Dlaczego
„Backdoor Dual EC był w Junosie”	przewraca się	Dotyczył ScreenOS, systemu zapór z przejęcia NetScreen (2004).
„SYNful Knock to luka zero-day w IOS”	przewraca się	Mandiant: hasła domyślne albo zdobyte i podmieniony obraz systemu, bez luki zero-day.
„CVE-2023-20198 dotyczył całego sprzętu Cisco”	przewraca się	Tylko IOS XE z włączonym interfejsem WWW; nie IOS, NX-OS, ASA, FTD ani ISE.
„Po wygaśnięciu subskrypcji DNA przełącznik przestaje działać”	przewraca się	Usługi warstwy 2 i 3 działają dalej na wieczystej licencji Network Stack; kończą się aktualizacje i funkcje DNA.
„Pierwszy CCIE miał numer 1024”	spór źródeł	Cisco Heritage: pierwszy numer to 1024. Blog Cisco (2023) i Network World: 1024 wisiał na tablicy, pierwszą osobą był Stuart Biggs z numerem 1025.
„Dziś wszyscy przeszli na Linuksa”	częściowo	Tak: NX-OS (jądro 4.19), IOS XE, IOS XR od 6.x, Junos OS Evolved. Nie: klasyczny Junos (FreeBSD) i klasyczny IOS (własne jądro).

Epilog

Historia zaczęła się od programisty, który w stanfordzkiej szafie postawił minikomputer z 56 KB pamięci, bo routerów nie dało się kupić, i od sporu o to, do kogo należy jego kod. Skończyła się — na razie — w sądzie federalnym w Kalifornii, który zatwierdzał ugodę w sprawie przejęcia za mniej więcej czternaście miliardów dolarów. Pomiędzy nimi powstały dwa sposoby myślenia o systemie routera. Cisco zbudowało jeden szybki program bez granic w pamięci, a potem przez dwadzieścia lat zamykało go w procesach, mikrojądrach i Linuksie, pilnując, żeby wiersz poleceń pozostał ten sam. Juniper od początku rozdzielił sterowanie od przekazywania, postawił je na FreeBSD i kazał administratorowi zatwierdzać zmiany. W 2026 roku oba podejścia spotykają się w jednym miejscu: w urządzeniach, w których pod znajomym znakiem zachęty działa Linux albo FreeBSD, a administrator musi wiedzieć, który — bo od tego zależy, jak długo dostanie poprawki, jak wróci do poprzedniej konfiguracji i co się stanie, gdy jeden proces się wywróci.

Ciekawostki zebrane

- Pierwszy router Yeagera stał w szafie w Pine Hall: PDP-11/05 z 56 KB pamięci, do 320 kb/s.
- Yeager oddał tantiemy wydziałowi, a z tego funduszu płacono mu potem pensję.

- Drobne poprawki do kodu stanfordzkiego routera wnieśli Donald Knuth i Vaughan Pratt.
- Założyciele Cisco rozmawiali z 80–90 funduszami venture capital; prawie wszystkie odmówiły.
- W 1988 roku prezes Cisco nazywał swoje produkty „gateways, not routers”.
- Sandy Lerner po odejściu z Cisco założyła markę kosmetyków Urban Decay (1996).
- 27 III 2000 roku Cisco było przez chwilę najcenniejszą firmą świata (555,4 mld USD).
- StrataCom, firmę przyszłego prezesa Junipera, kupiło w 1996 roku… Cisco.
- Juniper wypuszczał nowy Junos co 90 dni; wydanie 9.1 z 2008 roku było 38. z kolei.
- Junos Trio: 1,5 mld tranzystorów w czterech układach i ponad 80 mln USD w pięć lat.
- Router Juniper M40 jest od 2014 roku w zbiorach Computer History Museum.
- W 2008 roku w sieciach działało według Lindnera „several tens of thousands” różnych obrazów IOS.
- Fani CatOS protestowali tak głośno, że Cisco wycofało się z zapowiedzianego wygaszenia systemu.
- Nie ma IOS XE 16.5.0 — marcowe wydanie z 2017 roku to od razu 16.5.1.
- Pociągi IOS XE noszą nazwy miejsc: Denali, Everest, Fuji, Gibraltar, Amsterdam.
- NX-OS ma dziś jądro Linux 4.19, pakiety RPM i Guest Shell na CentOS.
- Cena CRS-1 w 2004 roku zaczynała się od 450 000 USD.
- Huawei w 2003 roku bronił się, że kod IOS „circulates online”.
- Cisco zarzucało Ariście kopiowanie CLI „right down to the typos”.
- Terry Slattery, CCIE nr 1026, był pierwszym certyfikowanym ekspertem spoza Cisco.
- Po przejęciu przez HPE adres blogs.juniper.net przekierowuje na community.hpe.com.

Oś czasu

Data	Wydarzenie
1977	Bosack i Lerner poznają się na Stanfordzie
lato 1980	Yeager pisze oprogramowanie routera (PDP-11/05, Pine Hall)
1982	przepisanie w C na płytę M68000 Bechtolsheima
1983–1984	„Blue Box” — router z wyzwania Ralpha Gorina
10 XII 1984	rejestracja Cisco Systems
1985	Stanford odmawia zgody na komercjalizację; Bosack i Lougheed przejmują kod
III 1986	pierwsze produkty Cisco (według EBSCO)
15 IV 1987	umowa licencyjna Stanford–Cisco
XII 1987	Sequoia: 2,5 mln USD za 32% udziałów
16 II 1990	debiut giełdowy Cisco po 18 USD

Data	Wydarzenie
28 VIII 1990	odejście Sandy Lerner, wkrótce potem Bosacka
XII 1992	IOS 9.1 FCS
19 VII 1993	Stuart Biggs zdobywa CCIE nr 1025
27 IX 1993	publiczne ogłoszenie programu CCIE
17 IV 1995	Cisco zaleca przejście z 9.1 na 10.0(9) albo 10.2(5)
II 1996	Pradeep Sindhu zakłada Junipera
VII 1996	Cisco kupuje StrataCom za 4,67 mld USD
XII 1997	zapowiedź JUNOS
7 VII 1998	pierwsza wersja Junos u klientów
IX 1998	początek wysyłki routera M40
9 II 1999	list intencyjny Cisco i TP S.A. w Warszawie
25 VI 1999	debiut giełdowy Junipera (34 USD → 98,88 USD)
27 III 2000	Cisco najcenniejszą firmą świata
VII 2000	„Inside Cisco IOS Software Architecture” (Cisco Press)
23 I 2003	pozew Cisco przeciw Huawei
30 IX 2003	porozumienie Cisco i Huawei, ekspertyza niezależnego eksperta
9 II 2004	Juniper ogłasza przejęcie NetScreen (4 mld USD w akcjach)
25 V 2004	CRS-1 i IOS XR
28 VII 2004	umorzenie sprawy Cisco–Huawei „with prejudice”
1 X 2007	Netia wdraża Juniper E320
28 I 2008	Nexus 7000 i NX-OS
4 III 2008	ASR 1000 i IOS XE
IX 2008	SAN-OS 4.1 staje się NX-OS 4.1
29 X 2009	Junos Trio
16–17 III 2011	6. konferencja PLNOG w Warszawie
2012	otwarcie centrum Cisco w Krakowie (80 osób)
początek 2014	pierwszy router z linuksowym IOS XR
5 XII 2014	pozew Cisco przeciw Ariście
15 IX 2015	Mandiant opisuje SYNful Knock
25 XI 2015	Enterprise Networking Planet o IOS XR 6.0 na 64-bitowym Linuksie

Data	Wydarzenie
XII 2015	Juniper ogłasza nieautoryzowany kod w ScreenOS
14 XII 2016	werdykt ławy przysięgłych w sprawie Cisco–Arista
20 VI 2017	Catalyst 9000 i subskrypcje DNA
6 VIII 2018	ugoda Cisco–Arista (400 mln USD)
2019	Junos OS Evolved 19.1R1 na QFX5220-32CD
2 XII 2019	Orange Polska wybiera Juniper MX do rdzenia sieci
16 X 2023	biuletyn Cisco o CVE-2023-20198
20 X 2023	ostrzeżenie CERT Polska
9 I 2024	HPE ogłasza przejęcie Junipera (40 USD za akcję)
19 VII 2024	Junos 24.2 — „FreeBSD main base OS” na ACX710 i vSRX
30 I 2025	DOJ pozywa HPE i Junipera
28 VI 2025	ugoda HPE z DOJ
2 VII 2025	zamknięcie przejęcia Junipera przez HPE
18 XI 2025	sąd dopuszcza 13 stanów do sprawy
VIII 2026 (ok. 12 VIII)	sędzia Pitts zatwierdza ugodę

Wątek polski

Cisco w Polsce: od listu intencyjnego do centrum w Krakowie

9 II 1999 roku w hotelu Sheraton w Warszawie Cisco i Telekomunikacja Polska S.A. podpisały list intencyjny o współpracy przy rozwoju „Internet economy and information society in Poland”. Komunikat Cisco wymieniał doradztwo, szkolenia i seminaria, a TP S.A. deklarowała zainteresowanie technologiami IP, ATM i IP over SDH/WDM. Podpisy złożyli Gary Daichendt z Cisco i Tomasz Tywonek z zarządu TP S.A. Kiedy dokładnie Cisco zaczęło działać w Polsce, wiem tylko z artykułu sponsorowanego: Przemysław Kania, dyrektor generalny Cisco Polska, mówił w serwisie xyz.pl 16 V 2025 roku, że „jesteśmy tu od 1995 roku”, a Networking Academy przeszkoliła w Polsce „setki tysięcy osób” — to dane firmy, nie niezależne ustalenia.

Najwięcej źródeł dotyczy Krakowa. ITwiz 25 XI 2015 roku donosił, że Cisco otwiera tam Security Operations Center, na początek z 12 osobami; był to według serwisu trzeci taki ośrodek Cisco na świecie, po USA i Japonii. Network Operations Center działało w Krakowie od I 2015 roku, a Cisco

Global Services Center zatrudniało wtedy 900 osób. Tekst sponsorowany w Antywebie z 28 VII 2021 roku podaje, że centrum otwarto w 2012 roku jako inwestycję od podstaw z 80 osobami, a w 2021 roku pracowało w nim ponad 2000 osób, z czego ponad 70% w dziale CX & Operations — „największe centrum Customer Experience Cisco w regionie EMEAR”. Wśród pracowników było 70 narodowości, około jednej trzeciej spoza Polski i 40% kobiet; powstawał tam też zespół wsparcia ThousandEyes. W 2025 roku Kania mówił już o ponad 3 tysiącach pracowników. We wszystkich tych źródłach Kraków jest ośrodkiem obsługi klienta, wsparcia technicznego, usług i monitoringu — nie rozwoju systemów IOS.

Juniper u polskich operatorów

1 X 2007 roku Netia, opisana jako „Poland’s largest alternative telecom operator”, ogłosiła, że podstawą krajowej sieci szerokopasmowej będzie Juniper **E320** Broadband Services Router — do agregacji ADSL, usług Bit Stream i WiMax. 2 XII 2019 roku Juniper ogłosił, że **Orange Polska** przebudowuje rdzeń sieci IP na routerach MX (MX2020, MX2010, MX10003 i MX960) z kontrolerem NorthStar i planowanym systemem HealthBot. Witold Konopka, dyrektor ds. transportu WAN w Orange Polska, mówił: „Orange Poland is constantly evaluating ways to improve the performance and reliability of our network”.

PLNOG i CERT Polska

Polskie środowisko operatorów spotyka się na konferencji **PLNOG** (Polish Network Operators Group). Bankier.pl 25 II 2011 roku zapowiadał szóstą edycję, 16–17 III 2011 roku w hotelu Marriott w Warszawie, z Cisco Systems Polska jako partnerem technologicznym. Archiwum PLNOG opisuje edycję PLNOG20 z 2018 roku: 850 uczestników, 4 ścieżki, 48 wykładów; PLNOG21 odbył się w Krakowie 1–2 X 2018 roku.

20 X 2023 roku CERT Polska opublikował ostrzeżenie „Aktywnie wykorzystywana krytyczna podatność w oprogramowaniu CISCO IOS XE (CVE-2023-20198)”. Zalecał natychmiastowe wyłączenie serwera HTTP na instancjach dostępnych z internetu, sprawdzenie, czy na urządzeniach nie pojawiły się nowe konta, przegląd logów i kontakt z właściwym zespołem reagowania — CSIRT NASK, CSIRT GOV albo CSIRT MON. Liczby zagrożonych urządzeń w Polsce komunikat nie podał.

Źródła i dalsze lektury

Przypisy

[1] Lato 1980 i około trzech miesięcy pracy: Stanford OTL, 8 X 2025; prace od końca 1980 roku, router na PDP-11 pod koniec 1981, router na M68000 i serwer terminali (TIP) pod koniec 1982: Tom

Rindfleisch, IV 1999. Możliwe, że obie relacje mierzą co innego (napisanie programu i oddanie urządzenia do użytku), ale tego nie ustaliłem.

[2] Przychód ok. 109 tys. USD do 31 VII 1985 i 129 tys. USD w roku obrotowym do 31 VII 1986: historyofcomputercommunications.info (za Bunnell i Brate 2000 oraz Nee 1991); pierwsze produkty wysłane w III 1986: EBSCO Research Starters (J. W. Phillips, 2021). Przychód sprzed marca 1986 mógł pochodzić z usług albo pojedynczych egzemplarzy — tego nie ustaliłem.

[3] Rok 1986: Rindfleisch, IV 1999; rok 1987: Stanford OTL, 8 X 2025; „spring 1987”: Guy Almes, Internet-History, IX 2025; 15 IV 1987: EBSCO Research Starters. Rok 1986 może oznaczać początek rozmów licencyjnych — to moje przypuszczenie.

[4] 22% Junipera i 75% Cisco w segmencie najwydajniejszych routerów w II kwartale 2000 roku (dane Dell’Oro) oraz 13% segmentu „high-end” (Forbes, 3 IV 2000): referenceforbusiness.com, Juniper Networks, Inc. Obie liczby pochodzą z tej samej encyklopedii i dotyczą nieco innych okresów i definicji segmentu.

[5] Wysyłka pierwszej wersji 7 VII 1998: Datamation (InternetNews), 22 VII 2008, wypowiedź Michaela Bushonga z Junipera; „JUNOS introduced” w XII 1997: referenceforbusiness.com. Grudniowa data to najpewniej zapowiedź, a lipcowa — pierwsze wydanie u klientów; dokumentu Junipera z tamtych lat nie znalazłem.

[6] „Dwóch (wcześniej trzech)” patentów — tak liczbę naruszonych patentów w postępowaniu przed ITC podaje Data Center Knowledge, 15 XII 2016; nie sprawdziłem, które decyzje ITC odpowiadają której liczbie.

[7] Pierwszy numer 1024 jako nawiązanie do „unreserved port numbers in TCP/IP”: Cisco Heritage; $1024 = 2^{10}$ na tablicy w laboratorium, pierwszy człowiek z numerem 1025: Yusuf Bhaiji, blog Cisco, 23 VIII 2023; Stuart Biggs z numerem 1025 (19 VII 1993): Network World, 27 VI 2013.

[8] Ok. 10 000 skompromitowanych urządzeń we wczesnym skanie (VulnCheck); 67 000 wystawionych interfejsów i ponad 34 000 z implantem 17 X 2023, dzień później prawie 42 000 (Censys); ok. 30 000 plus 10 000 (LeakIX); razem ok. 40 000 „according to multiple cybersecurity firms”: SecurityWeek, 19 X 2023. Różnice wynikają z dnia pomiaru i metody skanowania.

[9] Ugoda ogłoszona 28 VI 2025: Form 8-K HPE, 2 VII 2025; dokumenty złożone w sądzie 27 VI 2025: kalendarium appliedantitrust.com (stan 17 II 2026).

[10] Ok. 14 mld USD — wartość kapitału przy ogłoszeniu: komunikat HPE (EX-99.1), 9 I 2024; ok. 13,4 mld USD — łączna zapłata akcjonariuszom przy zamknięciu: Form 8-K HPE, 2 VII 2025. Pierwsza liczba to zapowiedź, druga — wypłata; różnicy dokumenty nie tłumaczą.

[11] Artykuł Daily Journal (Craig Anderson), 13 VIII 2026 pisze o „late Wednesday”; dzień 12 VIII 2026 wyprowadziłem z kalendarza, nie z dokumentu sądowego. Sygnatura sprawy: 5:25-cv-00951-PCP.

[12] Reguła 36 miesięcy od pierwszej dostępności do EOE i 6 miesięcy od EOE do EOL/EOS oraz tabela dat (np. 23.2: FRS 23 VI 2023, EOE 23 VI 2028, EOS 23 XII 2028): Juniper, Junos OS Dates & Milestones. Reguła i tabela są w tym samym dokumencie niespójne; daty konkretnych wydań warto sprawdzać w tabeli, a nie wyliczać z reguły.

Lektury

- Stanford i początki Cisco: Stanford OTL (2025), Tom Rindfleisch (1999), Guy Almes i Alex McKenzie na liście Internet-History, historyofcomputercommunications.info, EBSCO: Cisco Systems Goes Public
- Klasyczny IOS i wydania: Cisco, wczesne wydania IOS (dok. 13327), „Inside Cisco IOS Software Architecture” (2000), FX, „Developments in Cisco IOS Forensics” (2008), Cisco IOS and NX-OS Software Release Reference Guide (także wersja z 2021 roku)
- Następcy: CRS-1 (2004), IOS XR na Linuksie (2015), ASR 1000 i IOS XE (2008), architektura CSR 1000V, Nexus 7000 w The Register, SAN-OS i NX-OS, biała księga NX-OS, Donahue o CatOS
- Juniper i Junos: historia firmy (referenceforbusiness), Computer History Museum o M40, InformIT o architekturze, „Juniper MX Series”, Trio (2009), Bushong o FreeBSD (2008), upgraded BSD, 15.1: FreeBSD 6.1 → 10, VM host, Feature Explorer 8528, Junos OS Evolved , QFX5220, PTX10003, NetScreen (2004)
- Spory: pozew przeciw Huawei, ADT Magazine, Light Reading, IV 2003, Light Reading, VII 2004, Gerard Fox Law o Cisco v. Arista, Data Center Knowledge, 8-K Cisco (2018)
- Bezpieczeństwo: Mandiant o SYNful Knock, Checkoway i in., ePrint 2016/376, biuletyn Cisco o CVE-2023-20198, SecurityWeek
- HPE i rynek: komunikat HPE (2024), 8-K HPE (2025), TechTarget, kalendarium Tunney Act, Daily Journal (2026), IDC (2026)
- Licencje, cykl życia, CCIE: historia Smart Licensing Using Policy, jak działa, Catalyst 9000 i DNA (2017), Catalyst 9400 Ordering Guide, FAQ subskrypcji, Cisco End-of-Life Policy, Junos Dates & Milestones, 30 lat CCIE, Stuart Biggs, Cisco Heritage
- Dokumentacja poleceń: pliki konfiguracji Junos, commit confirmed, rollback, Configuration Replace and Configuration Rollback (IOS XE 17.x), IOS XR: polecenia konfiguracji, NX-OS:

Two-stage Configuration Commit

- Polska: Cisco i TP S.A. (1999), xyz.pl (2025, tekst sponsorowany), Antyweb (2021, tekst sponsorowany), ITwiz (2015), Netia i E320 (2007), Orange Polska i Juniper (2019), PLNOG 2011, PLNOG 2018, CERT Polska (2023)

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

- **Od kiedy oprogramowanie Cisco nazywa się formalnie „IOS”** — dokument Cisco o wczesnych wydaniach używa tej nazwy wstecz także dla wersji 8.3.
- **Jak wiele kodu Yeagera przetrwało w IOS** i czy IOS zawiera jakikolwiek kod z rodowodem BSD — źródła opisują IOS jako własny program w C, ale nikt nie porównał kodu.
- **Kwota licencji Stanford–Cisco** pochodzi z encyklopedii EBSCO, a nie z tekstu umowy; data — z czterech relacji, z których jedna podaje rok 1986.
- **Wersja FreeBSD w Junos z 1998 roku** i **pierwsze wydanie Junos OS Evolved** — najwcześniejsze potwierdzone przeze mnie to 19.1R1 (2019); numer FreeBSD w „main base OS” od 24.2R1.
- **Daty przejścia poszczególnych rodzin routerów** (CRS, ASR 9000) z IOS XR na mikrojądrze QNX na linuksowy IOS XR, rok wydania IOS XE 17.3.2 i data wprowadzenia `configure replace` w IOS.
- **Zakres minut** w poleceniu `commit confirmed` w IOS XR (odczytałem tylko zakres w sekundach).
- **Data premiery i parametry routera AGS** — znam tylko wzmiankę Almesa.
- **Bezpośredni spór patentowy Cisco–Juniper** — nie znalazłem; to nie dowodzi, że go nie było.
- **Dzień zatwierdzenia ugody HPE–DOJ** wyprowadziłem z artykułu prasowego, nie z dokumentu sądowego.
- **Polska**: liczby urządzeń zagrożonych przez CVE-2023-20198, rok startu Networking Academy, relacje polskiej prasy z epoki o sporze Cisco–Huawei i o Juniperze oraz to, czy w

> Polsce działa zespół rozwijający systemy Cisco — bez źródeł pod adresem URL.

Strona opiera się na relacjach ludzi ze Stanfordu (biuro licencjonowania, wspomnienia Rindfleischa, wątek na liście Internet-History), dokumentacji, komunikatach i białych księgach Cisco i Junipera, książkach Cisco Press i O’Reilly, pracach badaczy bezpieczeństwa (Recurity Labs, Mandiant, zespół analizujący ScreenOS), dokumentach SEC i sądowych oraz prasie branżowej. Historię założenia Junipera znam ze źródła wtórnego o miejscami niespójnych danych. Oceny „pierwszeństwa” pochodzą często od autorów związanych z producentami i tak są opisane, a liczby rynkowe — od firm analitycznych o różnych metodach.

Revision #7
Created 2026-10-19 15:27:33 UTC by Tomasz Konieczny
Updated 2026-11-01 17:34:45 UTC by Tomasz Konieczny