Kurs administrowania systemem Linux

Zajęcia nr 8: Demony, BSD Init i SystemD

Instytut Informatyki Uniwersytetu Wrocławskiego

17 kwietnia 2025

Wielozadaniowy system operacyjny

System operacyjny

- Zapewnia abstrakcję i wirtualizację *hardware'u*:
  - procesora i pamięci: system wielozadaniowy z podziałem czasu i pamięcią wirtualną;
  - pamięci masowej: system plików.
- Wirtualizacja wymaga wsparcia sprzętowego:
  - wirtualizacja procesora: tryb nadzorcy, wywołania systemowe;
  - wirtualizacja pamięci: ochrona i zarządzanie pamięcią (MMU, *Memory Management Unit*).

Procesy

- Programy działające w zwirtualizowanym środowisku.
- *Przełączanie kontekstów* daje wrażenie wyłącznego i nieprzerwanego dostępu do procesora.
- *Adresy wirtualne* dają wrażenie dostępu do ciągłej przestrzeni adresowej wielkiego rozmiaru (np. $2^{32}\,\mathrm{B} = 4\,\mathrm{GiB}$ w IA32, np. $2^{36}\,\mathrm{B} = 64\,\mathrm{GiB}$ w IA32 PAE, $2^{48}\,\mathrm{B} = 256\,\mathrm{PiB}$ w x86-64, $2^{57}\,\mathrm{B} = 4\,\mathrm{EiB}$ w x86-64 5-level — Sunny Cove).
- *Wywołania systemowe* (*syscall*) dają abstrakcję przerwań programowych.

Procesy i wątki

- Każdy proces ma własny wirtualny procesor i własną wirtualną pamięć.
- Proces może się składać z jednego lub wielu *wątków*.
- Wątki mają własne wirtualne procesory (w tym własne stosy wywołań, liczniki rozkazów itp.), ale w ramach jednego procesu współdzielą jego pamięć wirtualną (w tym zmienne statyczne, stertę itd.).
- Kod jądra jest wykonywany w trybie nadzorcy, zwykłe procesy — w trybie użytkownika.
- Jądro wykonuje wiele wątków jednocześnie.
- Wszystkie wątki jądra współdzielą pamięć (jądro monolityczne).
- Procesy mogą uruchamiać nowe procesy (`fork(2)`) i wątki (`clone(2)`).
- Każdy proces ma dokładnie jednego ojca (jest jedno *drzewo procesów*).
- Przodkiem każdego procesu w przestrzeni użytkownika jest `init(1)`. Ojcem każdego wątka jądra jest `kthreadd`.

Numery procesów

- Każdy wykonywany kod podlegający podziałowi czasu ma unikatowy numer PID (*Process ID*):
  - każdy wątek jądra,
  - każdy proces (współdzieli numer z pierwszym wątkiem),
  - każdy dodatkowy wątek procesu.
- $0 \leq \text{PID} \leq$ `PID_MAX`.
- PID jest tradycyjnie liczbą całkowitą ze znakiem. Dawniej dwubajtową, stąd dawniej przeważnie `PID_MAX` $= 32767$.
- Dawniej `PID_MAX` — konfiguracja kompilacji jądra, w jądrze 2.6 i później sysctl `kernel.pid_max` równy `PID_MAX` $+ 1$. W IA-32 co najwyżej 32768, w x86-64: 4 Mi (2^{22}).
- Numery przydzielane są po kolei, a po osiągnięciu `PID_MAX` wyszukiwanie wolnych numerów zaczyna się od 300 (karencja).
- Umownie PID 0 — `idle` (wykonywany, gdy żaden proces bądź wątek nie jest wykonywany). Formalnie jest ojcem `init(1)` (PID 1) oraz `kthreadd` (PID 2).
- PID ojca procesu nazywa się PPID (*Parent PID*).
- W Bashu zmienne środowiskowe `$`, `BASHPID` i `PPID`.

Cykl życia procesów

- `init(1)` (PID 1) żyje przez cały czas pracy systemu.
- Każdy inny proces jest uruchamiany za pomocą `fork(2)`.
- Ojcem procesu jest ten, kto wywołał `fork(2)`.
- PCB (*Process Control Block*) — struktura w jądrze opisująca proces.
- PCB pozostaje po zakończonym procesie i zawiera m. in. *kod powrotu*.
- Ojciec ma obowiązek „pochować” zmarłego syna (`wait(2)`, `waitpid(2)`, `waitid(2)`) lub jawnie zignorować jego śmierć (np. `SIG_IGN` lub `SA_NOCLDWAIT` dla `SIGCHLD`, zob. `wait(2)`, `sigaction(2)`), w przeciwnym razie zmarły syn staje się *zombie* i tkwi w tablicy procesów.
- *Reparenting*: jeśli ojciec umrze wcześniej niż syn, to syn jest automatycznie adoptowany przez `init(1)`.
- `init(1)` periodycznie dokonuje pochówku wszystkich zmarłych synów.
- Niektóre procesy przed śmiercią (nie dotyczy nagłej śmierci poprzez `SIGKILL`) wysyłają np. sygnał `SIGTERM` nie dopuszczając, by dzieci przeżyły ojca.

Uzyskiwanie informacji o procesach

`ps(1)`

- Wiele opcji w trzech wersjach: BSD, standard i GNU.
- Wypisanie wszystkich procesów (`-e`) w kolumnach `UID PID PPID C STIME TTY TIME CMD` (`-f`) bez skracania wierszy (`-w -w`):
  `ps -efww`
- Wypisanie wszystkich procesów z pominięciem wątków jądra:
  `ps -fN --ppid 2 --pid 2`

`pstree(1)`

- Wypisuje ładnie sformatowane drzewo procesów.
- Wypróbujcie `pstree -lpgUSuna | less`

`top(1)`

- Dynamicznie (domyślnie co 3 sekundy) wyświetla tabelę procesów i statystyki.
- Pełnoekranowy z kolorami. Zob. też `htop`.

Użytkownicy i grupy

Każdy proces ma przypisanych czterech użytkowników i grupy:

- real — kto uruchomił proces,
- effective — czyje prawa dostępu ma proces,
- saved — effective UID/GID z chwili uruchomienia procesu,
- filesystem — czyje prawa dostępu do plików ma proces.

Można zmieniać UID/GID:

- `{s,g}et{,e,re,res,fs}{u,g}id(2)` zmieniają/ujawniają real/effective/real+effective/real+effective+saved/filesystem UID/GID procesu.
- `su(1)`, `sg(1)` uruchamiają proces z podanym real UID/GID.
- `newgrp(1)` zmienia real GID powłoki.
- `id(1)` ujawnia real i effective UID użytkownika, `whoami(1)` — tylko effective.

Sygnały

- Mechanizm asynchronicznego przesyłania komunikatów pomiędzy procesami lub procesami i jądrem.
- Sygnały mają numery (liczby typu `int`) i przyporządkowane im nazwy (`signal(7)`, `bits/signum.h`).
- Każdy proces może rejestrować procedury wywoływane w razie otrzymania sygnału (`sigaction(2)`).
- Każdy proces może wysłać sygnał do innego procesu (`kill(2)`, obwoluta: `kill(1)`).
- Jądro wysyła sygnały do procesu (np. `SIGHUP`, `SIGINT`, `SIGQUIT`, `SIGILL`, `SIGFPE`, `SIGSEGV`, `SIGPIPE` itd.).
- Jądro przechwytuje sygnały kierowane do procesu: `SIGKILL`, `SIGSTOP`, `SIGCONT`.
- Jądro przesyła do `init(1)` tylko te sygnały, dla których `init` zarejestrował *handlery* (zabezpieczenie przed przypadkowym zabiciem `init`).

Sygnały we współczesnym Linuksie (x86)

1 SIGHUP	12 SIGUSR2	23 SIGURG
2 SIGINT ^C	13 SIGPIPE	24 SIGXCPU
3 SIGQUIT ^\	14 SIGALRM	25 SIGXFSZ
4 SIGILL	15 SIGTERM	26 SIGVTALRM
5 SIGTRAP	16 SIGSTKFLT	27 SIGPROF
6 SIGABRT	17 SIGCHLD	28 SIGWINCH
7 SIGBUS	18 SIGCONT	29 SIGIO
8 SIGFPE	19 SIGSTOP	30 SIGPWR
9 SIGKILL	20 SIGTSTP ^Z	31 SIGSYS
10 SIGUSR1	21 SIGTTIN	32-63 real-time signals
11 SIGSEGV	22 SIGTTOU	

Szczegóły: zob. signal(7).

Wysyłanie sygnałów z powłoki

- Program `kill(1)` oraz *shell builtin* `kill` różniące się opcjami.
- `kill -l` wypisuje dostępne sygnały.
- `kill [-`*`SIG`*`] `*`PID`* wysyła sygnał *SIG* (domyślnie `TERM`) do procesu *PID* (*PID* $= 0$ oznacza wszystkie procesy z grupy procesu wysyłającego (włączając ten proces), *PID* $= -1$ oznacza wszystkie procesy z wyjątkiem siebie i `init`, *PID* < -1 oznacza wysłanie do grupy $-$*PID*).
- Programy `killall(1)`, `killall(5)` — *kill by name*.
- Programy `pgrep(1)` i `pkill(1)` — fuzja `grep(1)` i `killall(1)`.
- Program `pidof(1)`.

Sesje

- Zbiory procesów przypisane do jednego terminala.
- Sesje mogą też dziedziczyć terminal bądź nie być przypisane do terminala.
- *Syscall* `setsid(2)` i program `setsid(1)` tworzą nową sesję.
- Podczas *logowania* (zob. `login(1)`) jest tworzona nowa *sesja*, związana z terminalem sterującym (*controlling terminal*).
- Terminalem może być urządzenie transmisji szeregowej RS-232 (`ttyS{0..}`) albo USB (`ttyUSB{0..}`), terminal wirtualny (`tty{0..}` tworzony przez jądro w trybie tekstowym karty graficznej lub poprzez KMS) bądź pseudoterminal (`pts/{0..}`) tworzony np. przez aplikację terminala w systemie okienkowym bądź poprzez zdalne logowanie (np. `sshd(8)`).
- Domyślnie wszystkie procesy w sesji mają `stdin`, `stdout` i `stderr` związane z terminalem sterującym.

Sesje, cd.

- Sesja ma lidera, którym jest zwykle powłoka systemowa podłączona do tego terminala.
- Jeśli terminal sterujący zostanie rozłączony (*hangup*) lub lider sesji umrze, wszystkie procesy w sesji otrzymują sygnał `SIGHUP`.
- Program `nohup(1)` pozwala uruchomić proces w osobnej sesji nie połączonej z terminalem.
- GNU `screen(1)` i BSD `tmux(1)` pozwalają na uruchomienie sesji, które mogą być wielokrotnie podłączane i odłączane od terminali.

Demony

Demon — proces działający w tle zwykle przez cały czas pracy systemu.

- Nie posiada terminala, jego stdin to zwykle `/dev/null`.
- Jego ojcem jest `/sbin/init` (w SysV Init na skutek osierocenia przez skrypt inicjalizacyjny i *reparentingu*, w SystemD oryginalnie).
- Komunikuje się z innymi procesami poprzez mechanizmy IPC (np. sygnały, gniazda, kolejki wiadomości, nazwane potoki) i magistrale (np. dBus).

Trivia

- Angielska pisownia: „daemon” (dawna wersja współczesnej „demon”).
- Nawiązuje do idei demona Maxwella.
- Wymyślona przez członków MIT Project MAC na początku lat '60-tych.

Serwisy

- Usługi systemu.
- Często uruchamiane podczas startu systemu.
- Często realizowane poprzez demony.

Demony

- `PPID=1`
- `CWD=/`
- Działają w osobnej sesji (wykonują `setsid(2)`).
- `stdin`, `stdout`, `stderr` są połączone z `/dev/null`.
- Zwykle komunikują się z otoczeniem poprzez gniazda.
- Komunikaty diagnostyczne piszą poprzez `syslog`.
- Zwykle uruchamiane za pomocą serwisów.

Uruchamianie i zatrzymywanie serwisów

Klasycznie w System V init

```
# /etc/init.d/serwis [start | stop]
```

„Nowocześnie” w System V init

```
# service serwis [start | stop]
```

W systemd

```
# systemctl [start | stop] serwis[.service]
```

Demonizacja

Proces, który pragnie się zdemonizować w SysV Init (zob. `daemon(7)`), powinien:

- Zamknąć wszystkie deskryptory plików.
- Podłączyć `stdin`, `stdout` i `stderr` do `/dev/null`.
- Usunąć własną obsługę sygnałów i zresetować maskę sygnałów.
- Usunąć zbędne zmienne ze środowiska.
- `chdir(2)` na `/` i `umask(2)` na 0, aby nie blokować systemu plików.
- Osierocić się i utworzyć własną sesję, w której nie jest liderem (np. `fork()`, `sesid()`, `fork()`, po czym oryginalny proces i pierwszy potomny wykonują `exit()`).

Demonizacja, cd.

Alternatywy:

- Program `nohup(1)` zapewnia namiastkę demonizacji dla zwykłych programów.
- SystemD nie wymaga od procesów demonizacji, wykonuje ją sam (zob. `systemd.exec(5)`). W SystemD samodzielna demonizacja przeszkadza w monitoringu demonów.

Uruchamianie demonów:

- Przed zdemonizowaniem proces powinien sprawdzić, czy demon nie jest już uruchomiony. Robi to zwykle zapisując swój PID do pliku `/run/`*`program`*`.pid`.
- W Debianie specjalny skrypt `start-stop-daemon(8)`.

Grupy procesów

- Zbiory procesów tworzone na potrzeby zarządzania zadaniami (*jobs*).
- Zarządzanie polega głównie na zarządzaniu dostępem do terminala sterującego i wysyłaniu *sygnałów* do wszystkich członków grupy.
- Grupy są podzbiorami sesji.
- Tylko jedna grupa procesów — grupa *pierwszoplanowa* (*foreground*) — ma `stdin` podłączony do terminala. Pozostałe są zatrzymane lub pracują w tle (*backgroud*).
- Podczas tworzenia przez powłokę rurociągu wszystkie procesy są przypisane do jednej grupy.
- Grupa ma lidera.
- Liderem rurociągu jest jego pierwszy proces.
- PGID (*Process Group ID*) grupy jest PID jej lidera.
- W odróżnieniu o sesji grupy nie zwracają uwagi na śmierć lidera.
- Proces będący członkiem grupy może nie być potomkiem lidera (por. *reparenting*).

Grupy procesów, cd.

- Wysłanie sygnału do wszystkich członków grupy: `killpg(2)`, także `kill(1)` z PID < -1.
- `<ctrl>-Z` jest przechwytywane przez jądro i powoduje wysłanie sygnału `SIGTSTP` do wszystkich procesów grupy pierwszoplanowej. Grupą pierwszoplanową staje się grupa, która wywołała wstrzymaną grupę. Powłoka *maskuje* `SIGTSTP`.
- `<ctrl>-C` jest przechwytywane przez jądro i powoduje wysłanie sygnału `SIGINT` do wszystkich procesów grupy pierwszoplanowej.
- Polecenia powłoki: `jobs(1)` ujawnia listę zadań (grup procesów) w bieżącej sesji, `fg(1)` przenosi zadanie na pierwszy plan, `bg(1)` wznawia zadanie zatrzymane (poprzez wysłanie `SIGSTOP` do grupy procesów) w tle (poprzez wysłanie `SIGCONT` do grupy procesów).

Zarządzanie procesami — dalsze informacje

Dostępne zasoby dla procesu

- Funkcja `ulimit(3)` i polecenie wbudowane powłoki `ulimit` (liczne opcje: `-HSTabcdefilmnpqrstuvx`).

Priorytet procesu

- Liczba z przedziału –20...19. Zwykle ujemne priorytety może nadawać tylko root (por. `ulimit -e`).
- Syscall `nice(2)` i polecenia `nice(1)` i `renice(1)`. Zadania wsadowe uruchamiać poleceniem:
  `nice -n19 program`

Selektywne nadawanie uprawnień programom

- *Capabilites*, zob. `capabilities(7)`, `setcap(8)`, `getcap(8)` — bezpieczniejsze niż `setuid`.

Cgroups* i *namespaces

- Rozbudowane możliwości grupowania procesów i zarządzania nimi.

/sbin/init

To już wiemy:

- Pierwszy proces uruchamiany przez jądro po zamontowaniu głównego systemu plików.
- Zwykle ma `PID=1` i `PPID=0` i jest przodkiem każdego procesu w przestrzeni użytkownika.
- Odpowiednik w jądrze: `kthreadd` (`PID=2` i `PPID=0`), który jest ojcem każdego wątka w przestrzeni jądra.
- Pracuje przez cały czas życia systemu i umiera jako ostatni podczas zatrzymania.
- Automatycznie adoptuje procesy, które straciły rodziców i zajmuje się nimi (np. usuwa *zombie*).

Teraz zbadamy jego podstawową rolę:

- Nadzoruje uruchomienie i zatrzymanie systemu.

Korzystanie z sieci: potrzebne dane konfiguracyjne

Konfiguracja jądra

- Adres IP komputera, np. `192.168.1.1`
- Maska sieci — wycina numer sieci z adresu IP, np. `255.255.255.0`. Adresem sieci jest w tym przykładzie `192.168.1.0`. Adres IP i maskę podaje się często w notacji CIDR, np.: `192.168.1.1/24`.
- Adres bramy domyślnej, np. `192.168.1.254`. Musi być w tej samej sieci, co komputer. Zbyteczny w razie kompunikacji lokalnej.

Konfiguracja niezbędnych usług w przestrzeni użytkownika

- Adresy serwerów DNS (`53/udp`)

Dodatkowe usługi

- Adresy serwerów czasu (NTP, `123/udp`)
- Adresy serwerów SMB, Netbios itp.
- PXE: protokoły BOOTP i TFTP.

Przykład: konfiguracja stosu protokołów sieciowych jądra

- Komunikacja jądra z przestrzenią użytkownika: interfejs gniazdowy NETLINK.
- Programy takie jak `ip(1)` zapewniają CLI.

Przykład statycznej konfiguracji usług sieciowych

```
ip link set up dev eth0
ip address add 10.13.1.7/16 dev eth0
ip route add defult via 10.13.1.1
```

Do tego trzeba skonfigurować usługi warstwy aplikacji (DNS i in.):

```
echo "nameserver 8.8.8.8" | resolvconf -a eth0
```

- Można umieścić w skrypcie powłoki wykonywanym podczas uruchamiania systemu.
- Lepiej: specjalne programy i pliki konfiguracyjne.

Konfigurowanie jądra

Narzędzie CLI do konfigurowania stosu protokołów sieciowych

```
ip [ link | addr | addrlabel | route | rule | neigh | ntable |
     tunnel | tuntap | maddr | mroute | mrule | monitor | xfrm |
     netns | l2tp | tcp_metrics ]
```

- Warto znać `link`, `addr` i `route`.
- Inne ważne narzedzia: `ethtool` i `ss`.
- *Legacy*: `ifconfig`, `route`, `netstat`, `brctl`, `vconfig`.

Przykłady

- `ip link set eth0 up`
- `ip link set eth0 address xx:xx:xx:xx:xx:xx`
- `ip link set eth0 name remote`
- `ip link -d`
- `ip addr add 192.168.1.1/24 dev eth0`
- `ip addr flush dev eth0`
- `ip route add default via 192.168.1.254`

Konfigurowanie DNS

- Biblioteka GNU NSswitch (`glibc6`), plik `nsswitch.conf(5)`.
- Plik `hosts(5)`.
- Plik `resolv.conf(5)` i opcja `nameserver`.
- Funkcje biblioteczne `getaddrinfo(3)`, `getnameinfo(3)`, `gethostbyname(3)` itp.
- Program GNU `resolvconf(8)` (pakiet `resolvconf`).
- Program `getent(1)`, np. `getent hosts` *`dns-name`*.
- Programy `host(1)`, `dig(1)`, `nslookup(1)`.
- Serwery DNS Google'a: `8.8.8.8`, `8.8.4.4`.
- Lokalne serwery DNS. Wpisy lokalne. Kwestia poufności.

Konfiguracja automatyczna: serwis DHCP

- Automatycznie konfiguruje jądro i usługi przestrzeni użytkownika.
- Wymaga działającego serwera DHCP w sieci.
- Polecenie `dhclient(8)`. Opcje `-v`, `-x`, `-r`.
- Uwaga: polecenie `dhclient(8)` się demonizuje!
  Wyłączyć (opcje `-x` lub `-r`) przed ponownym uruchomieniem.

Przykład: konfiguracja sieci w Debianie

- Specjalny program `ifup` (alias `ifdown`, `ifquery`).
- Główny plik konfiguracyjny: `/etc/network/iterfaces`.
- Polecenie `ifup -a` uruchamiane podczas startu systemu,
  a polecenie `ifdown -a` — podczas zatrzymania.
- W katalogach `/etc/network/{if-pre-up,if-up,if-down,if-post-down}.d/`
  można umieszczać skrypty wykonywane podczas zmiany stanu interfejsów. Programy, które używają sieci (np. demon `sshd`) mogą umieszczać tam swoje *hooki*.
- Współpracuje z pakietami konfigurującymi różne usługi warstwy aplikacji
  (DNS, NTP, VPN itp.)
- Zob. `ifup(8)`, `interfaces(5)`.

Przykładowy plik /etc/network/interfaces

```
auto lo
interface lo inet loopback

allow-hotplug eth0
interface eth0 inet static
   address 10.13.1.7
   netmask 255.255.0.0
   gateway 10.13.1.1
   # optional
   network 10.13.0.0
   broadcast 10.13.255.255
   # dns-* options are implemented by the resolvconf
   # package, if installed
   dns-nameserver 8.8.8.8
   # openvpn option is implemented by the openvpn package,
   # if installed
   openvpn privnet
```

Inny przykład konfiguracji `interfaces(5)`

```
iface dom inet static
        address 192.168.1.1
        netmask 255.255.255.0
        gateway 192.168.1.254
        dns-nameservers 8.8.8.8 8.8.4.4
        openvpn praca
iface szkola inet dhcp
iface domwifi inet dhcp
        wpa-ssid domektomek
        wpa-psk  050edd02ad44627b16ce0151668f5f53c01b
```

Użycie:

- `ifup eth0=szkola`
- `ifup wlan0=domwifi`
- Pamiętaj: co się `ifup`-owało trzeba `ifdown`-ować!

Trwała konfiguracja (przywracana podczas startu systemu)

Klasyczne rozwiązanie w Debianie

- Katalog: `/etc/network/`
- Plik: `interfaces(5)` i podkatalog `interfaces.d`
- Polecenia: `ifup(8)`, `ifdown(8)`
- Podkatalogi: `if-pre-up.d`, `if-up.d`, `if-down.d`, `if-post-down.d`.
- Mechanizm `run-parts(8)` — *pluginy* dla różnych usług sieciowych: DNS (`resolvconf(8)`), VLAN-y, WiFi itp.
- Uruchamiane przez serwis `/etc/init.d/networking` (SysV Init) lub `networking.target` (systemd).

Systemd

- Jednostki `*.link` i `*.network`

Rozwiązanie á la Windows: Network Manager

- W Debianie Network Manager ignoruje interfejsy wymienione w `interfaces(5)`.

RC (*run command*)

- `/sbin/init` musi umieć uruchamiać programy takie jak `ifup`/`ifdown` podczas startu/zatrzymania systemu.
- Klasyka (Reasearch Unix, BSD): skrypty powłoki `/etc/rc` i `/etc/rc.shutdown` uruchamiane (`execve`) przez `/sbin/init`. Dodatkowo pliki konfiguracji domyślnej (`/etc/default/rc.conf`) i lokalnej (`/etc/rc.conf`). Konsole konfigurowane bezpośrednio przez `/sbin/init` zgodnie z plikiem `/etc/ttys`. W późniejszych systemach dodatkowo skrypt lokalny `/etc/rc.local`.
- Modularyzacja (FreeBSD $\geq$ 5.0 i NetBSD $\geq$ 1.5): zestaw skryptów w katalogu `/etc/rc.d/` uruchamianych przez `/etc/rc` zgodnie z konfiguracją w `rc.conf`.
- W Uniksach Systemu V i niektórych dystrybucjach Linuksa bardziej rozbudowany SysV Init.
- W nowych dystrybucjach Linuksa — SystemD.
- Wiele innych rozwiązań, np. OpenRC (Gentoo, także Alpine).

Potrzeba modularyzacji

- Pojedynczy skrypt lub plik konfiguracyjny — wygodne do edytowania przez administratora, ale *bardzo* kłopotliwe do automatycznej aktualizacji.
- Bardzo utrudniają np. automatyczne instalowanie pakietów, które wymagają zmiany konfiguracji wielu aspektów systemu.
- Zaleta: po instalacji każdego programu administrator przechodzi „szkolenie” z konfigurowania tego programu, inaczej nie zostanie on uruchomiony!
- Anegdota: Cisco Packet Tracer i `/etc/profile`.

Popularne rozwiązanie modularyzacji konfiguracji

- Główny plik konfiguracyjny programu *progname* to `/etc/`*progname*`.conf` lub `/etc/`*progname*.
- Dodatkowo katalog `/etc/`*progname*`.d/`.
- W głównym pliku konfiguracyjnym instrukcja `include /etc/`*progname*`.d/*`
- Przykłady: `apt/sources.list`, `bash_completion`, `/etc/network/interfaces`, `ld.so`, `pam`, `profile`, `rsyslog`, `sysctl`, `timezone` itd.
- Instalator programu *otherprog* dodaje osobny plik konfiguracyjny programu *progname*: `/etc/`*progname*`.d/`*otherprog*`.conf`.

run-parts — uniwersalne narzędzie

$$\texttt{run-parts} \left[\begin{array}{l}\texttt{--test}\\ \texttt{--list}\\ \texttt{--verbose}\\ \texttt{--record}\end{array}\right] [\ \texttt{--regex=}\textit{RE}\ ]\ [\ \texttt{--arg=}\textit{arg}\ \ ...]\ \textit{dir}$$

- Uruchamia w kolejności alfabetycznej wszystkie pliki wykonywalne w katalogu *dir* których nazwy pasują do wzorca *RE* przekazując im jako parametry argumenty *arg*.
- Dalsze opcje: `--reverse`, `--exit-on-error`, `--new-session`, `--umask=umask`, `--lsbsysinit`.
- Blokowanie skryptów przed wykonaniem przez `run-parts`: odebrać prawa do wykonania.
- Sprawdzanie, które skrypty zostaną wykonane: `run-parts --test`.

Przykłady

ifup/ifdown

- Program `ifup`/`ifdown` wykonuje
  `run-parts /etc/network/if-`*`option`*`.d`,
  gdzie *option* to `pre-up`, `up`, `down`, `post-down` odpowiednio przed i po uruchomieniu oraz przed i po zatrzymaniu interfejsu.
- Przekazywane zmienne środowiskowe: `IFACE`, `LOGICAL`, `ADDRFAM`, `METHOD`, `MODE`, `PHASE`, `VERBOSITY`, `PATH`, `IF_*`.
- Dowolny program, którego praca zależy od konfiguracji interfejsów może umieścić w tych katalogach swoje skrypty, które wykonają odpowiednie czynności podczas zmiany stanu interfejsów.

cron

- Raz na godzinę/dobę/tydzień/miesiąc demon `crond` wykonuje
  `run-parts /etc/cron.{hourly,daily,weekly,monthly}/`
- Dowolny program, który wymaga okresowego wykonywania pewnych czynności, może umieścić w tych katalogach swoje skrypty.

Init — proces o numerze 1

Cechy procesu init

- Najważniejszy demon w systemie.
- Jako jedyny proces jest uruchamiany bezpośrednio przez jądro.
- Jest pierwszym procesem uruchomionym w przestrzeni użytkownika.
- Jest przodkiem każdego procesu.
- Kończy działanie jako ostatni.

Zadania procesu init

- Rozruch systemu:
  - skonfigurowanie systemu po uruchomieniu (montowanie dysków, konfiguracja sieci itp.),
  - uruchomienie i nadzorowanie pracy wszystkich serwisów.
- Zamknięcie systemu:
  - dekonfiguracja systemu (np. odmontowanie dysków itp.),
  - zatrzymanie serwisów,
  - wyłączenie maszyny.
- Reparenting osieroconych procesów i sprzątanie po zakończonych procesach.

Klasyczny *init system*: BSD Init

Skrypty powłoki

- `/etc/rc` — uruchamiany przez `/sbin/init` podczas rozruchu systemu.
- `/etc/rc.shutdown` — uruchamiany przez `/bin/init` podczas zatrzymania systemu.
- `/etc/rc.d/`*`service`* — po jednym dla każdego serwisu.
- `/etc/defaults/rc.conf` — konfiguracja domyślna.
- `/etc/rc.conf` — konfiguracja lokalna systemu.

Skrypty /etc/rc i /etc/rc.shutdown

- Wczytują pliki `/etc/defaults/rc.conf` i `/etc/rc.conf`.
- Używają programu `rcorder(8)` do ustalenia kolejności uruchamiania/zatrzymywania serwisów (jedyny nie-skrypt w systemie!)
- W podanej kolejności wykonują skrypty `/etc/rc.d/`*`service`*.

Przykład: ssh

/etc/rc.d/ssh:

```
#!/bin/sh

# PROVIDE: sshd
# REQUIRE: LOGIN FILESYSTEMS
# KEYWORD: shutdown

. /etc/rc.subr

name="sshd"
desc="Secure Shell Daemon"
rcvar="sshd_enable"
command="/usr/sbin/${name}"
keygen_cmd="sshd_keygen"
start_precmd="sshd_precmd"
reload_precmd="sshd_configtest"
restart_precmd="sshd_configtest"
configtest_cmd="sshd_configtest"
pidfile="/var/run/${name}.pid"
extra_commands="configtest keygen reload"
...
load_rc_config $name
run_rc_command "$1"
```

/etc/defaults/rc.conf:

```
...
sshd_enable="NO"
sshd_program="/usr/sbin/sshd"
sshd_flags=""
...
```

/etc/rc.conf:

```
...
sshd_enable="YES"
...
```

Przykład: mój /etc/rc.conf (FreeBSD 14)

```
hostname="host"
keymap="pl.kbd"
ifconfig_re0="DHCP"
kld_list="i915kms.ko"
dumpdev="NO"
local_unbound_enable="NO"
sendmail_enable="NO"
sendmail_submit_enable="NO"
sendmail_outbound_enable="NO"
sendmail_msp_queue_enable="NO"
sshd_enable="YES"
ntpdate_enable="YES"
powerd_enable="YES"
zfs_enable="YES"
sddm_enable="YES"
dbus_enable="YES"
hald_enable="YES"
clear_tmp_enable="YES"
geli_groups="storage"
geli_storage_flags="-k /etc/crypto.key -p"
geli_storage_devices=\
   "label/storage_disk1 label/storage_disk2 label/storage_disk3 gpt/zstorage_slog"
devfs_system_ruleset="localrules"
```

Cechy BSD Init

Zalety

- Demon `/sbin/init` uruchamia pojedynczy skrypt powłoki podczas uruchamiania/zatrzymania systemu i więcej się nie interesuje rozruchem/zatrzymaniem.
- Cały rozruch/zatrzymanie jest wykonywany *wyłącznie* przez zbiór skryptów powłoki.
- Konfigurowanie prostej instalacji ogranicza się do edycji pojedynczego pliku.

Wady

- Sekwencyjny (cały rozruch w pojedynczym wątku procesora).
- Powolny (wykonanie skryptów powłoki).
- Praktycznie brak nadzoru nad uruchomionymi serwisami.

Dygresja: metodologie programowania

Imperatywne

```
silnia = 1;
while (n > 0) {
   silnia *= n--;
}
```

Deklaratywne

```
silnia n
   | n > 0  = n * silnia (n-1)
   | n == 0 = 1
   | n < 0  = undefined
```

Pułapki

- Niejasne działanie dla `n < 0`.
- Zmienia wartość `n`.

Zalety

- Opis tego, *co* chcemy osiągnąć, a nie *jak* to zrobić.

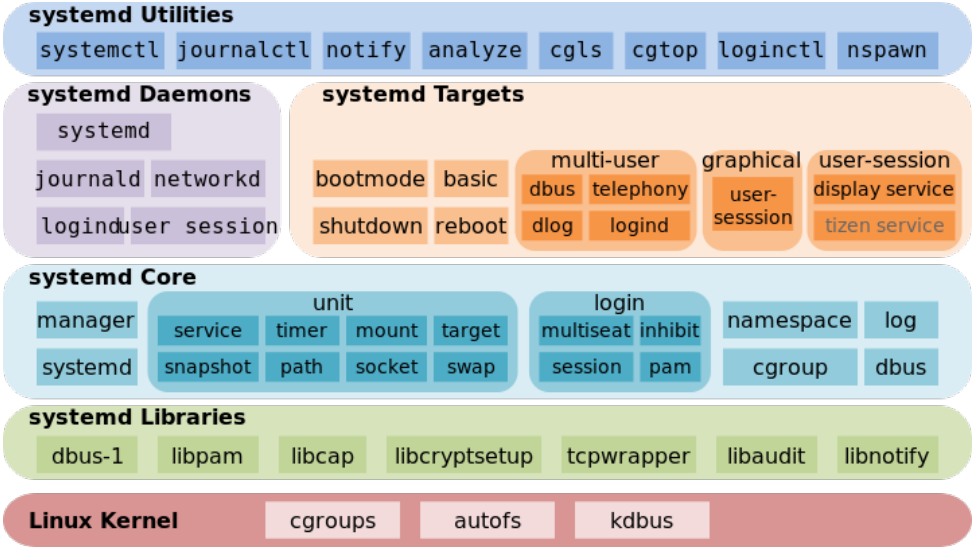
Programowania deklaratywne rozwinęło się wraz z językami funkcyjnymi (Lisp, Hope, SML, Miranda, Haskell). Sukcesy w głównym nurcie informatyki:

- Języki skryptowe: Python, Ruby.
- Języki zapytań w bazach danych: SQL.
- Systemy zarządzania konfiguracją: CFEngine, Puppet.
- Init systemy: OpenRC, SystemD.

SystemD

- Lennart Poettering, Kay Sievers, Harald Hoyer, Daniel Mack, Tom Gundersen, David Herrmann, 2010.
- Nowe podejście nawiązujące do idei *dependecy-based boot*.
- Składniki systemu są opisane za pomocą osobnych plików konfiguracyjnych.
- Brak skryptów rc: wszystkie czynności wykonuje `/sbin/init`.
- Jednostki SystemD opisują zasoby i zależności pomiędzy nimi.
- Katalogi zawierające jednostki: `/{etc,run,lib}/systemd/system/`, w podanej kolejności (np. plik w `etc` przesłania `lib`).
- Składnia jednostek: inspirowana przez pliki XDG `*.desktop` i pliki `*.ini` Microsoftu.

SystemD


systemd Utilities
systemctl
journalctl
notify
analyze
cgls
cgtop
loginctl
nspawn
systemd Daemons
systemd
journald
networkd
logind
user session
systemd Targets
bootmode
basic
shutdown
reboot
multi-user
dbus
telephony
dlog
logind
graphical
user-sesssion
user-session
display service
tizen service
systemd Core
manager
systemd
unit
service
timer
mount
target
snapshot
path
socket
swap
login
multiseat
inhibit
session
pam
namespace
log
cgroup
dbus
systemd Libraries
dbus-1
libpam
libcap
libcryptsetup
tcpwrapper
libaudit
libnotify
Linux Kernel
cgroups
autofs
kdbus

Składnia jednostki — przykład

```
[Unit]
Description=OpenBSD Secure Shell server
After=network.target auditd.service
ConditionPathExists=!/etc/ssh/sshd_not_to_be_run

[Service]
EnvironmentFile=-/etc/default/ssh
ExecStartPre=/usr/sbin/sshd -t
ExecStart=/usr/sbin/sshd -D $SSHD_OPTS
ExecReload=/usr/sbin/sshd -t
ExecReload=/bin/kill -HUP $MAINPID
KillMode=process
Restart=on-failure

[Install]
WantedBy=multi-user.target
Alias=sshd.service
```

Jednostki systemd w porównaniu z SysV Init

`service`	serwis
`socket`	gniazdo; usługa podobna do `xinetd`
`device`	konfiguracja urządzeń
`mount`	punkt montowania; odpowiada pojedynczemu wierszowi `/etc/fstab`
`automount`	punkty automontowania
`swap`	partycja lub plik wymiany
`target`	cel konfiguracji; odpowiada *runlevelowi*
`path`	ścieżka w systemie do katalogu lub pliku
`timer`	odpowiada usłudze `cron`
`snapshot`	zapisany stan SystemD
`slice`	hierarchiczna grupa jednostek
`scope`	zewnętrznie utworzony proces

Polecenia SystemD

- `systemctl`, `journalctl`, `loginctl`, `machinectl`, `busctl`, `timedatectl`, `localectl`, `hostnamectl`
- `systemd-cgls`, `systemd-cgtop`, `systemd-nspawn`, `systemd-analyze`, `systemd-cat`, `systemd-detect-virt`, `systemd-delta`, `systemd-run`, `systemd-path`
- `systemd`, `systemd-notify`, `systemd-tty-ask-password-agent`, `systemd-ask-password`, `systemd-machine-id-setup`, `systemd-tmpfiles`, `systemd-inhibit`, `systemd-escape`, `systemd-stdio-bridge`

Praca z SystemD

Sprawdzanie zależności *targetów*

- `systemctl list-*`
- `systemctl list-dependencies graphical.target`

Zmiana *targetu*

- `systemctl isolate ...`

Sprawdzanie konfiguracji i stanu usług

- `systemctl status|show|cat ...`

Zmiana konfiguracji i stanu usług

- `systemctl enable|disable|start|stop|reload|restart ...`

Konfiguracja SystemD

Stale działające demony `/sbin/init` (link do `/lib/systemd/systemd`):

- systemowy,
- użytkownika (opcja `--user`).

Kolejność wyszukiwania plików jednostek systemowych:

- `/etc/systemd/system/`
- `/run/systemd/system/`
- `/lib/systemd/system/`

Kolejność wyszukiwania plików jednostek użytkownika:

- `$XDG_CONFIG_HOME/systemd/user/`
- `$HOME/.config/systemd/user/`
- `/etc/systemd/user/`
- `/run/systemd/user/`
- `$XDG_DATA_HOME/systemd/user/`
- `$HOME/.local/share/systemd/user/`
- `/usr/lib/systemd/user/`

Targety

- Odpowiedniki *runleveli* z SysV Init.
- Tak jak w OpenRC mają swoje nazwy i jest ich wiele (kilkadziesiąt).
- Link symboliczny `/lib/systemd/system/default.target`
- Kompatybilność z SysV Init: `runlevel{0..6}.target` — linki do, odpowiednio, `poweroff.target`, `rescue.target`, `multi-user.target`, `graphical.target` i `reboot.target`.
- Zależności *targetu* *X*: linki symboliczne w katalogu `/etc/systemd/system/`*X*`.target.wants/`.
- Dodawanie usuwanie zależności (linków): `systemctl [enable|disable]` *unit*
- Nazwa targetu jest podana w treści *unit*-u (`WantedBy`).
- Konfiguracja niestandardowych targetów: ręcznie za pomocą `ln -s`.

Jednostki SystemD

- *X*.service opisuje serwis (przeważnie demona). **Zastępuje** /etc/rc.d/*X* (BSD) i /etc/init.d/*X* (SysV).
- *X*.socket opisuje gniazdo (lokalne lub sieciowe). Powinien mu towarzyszyć *X*.service. Serwis jest uruchamiany miarę potrzeb, w razie połączenia klienta z gniazdem. **Zastępuje** inetd(8), xinetd(8).
- *X*.timer opisuje periodyczne uruchamianie usługi. Powinien mu towarzyszyć *X*.service lub inna jednostka uruchamiana periodycznie. **Zastępuje** cron(8), anacron(8).
- *X*.device — opis konfiguracji urządzenia. **Zastępuje** konfigurację udevd w /etc/udev/*.
- *X*.link i *X*.network — konfiguracja interfejsów sieciowych i sieci. **Zastępuje** interfaces(5).
- *X*.netdev — konfiguracja interfejsów wirtualnych. **Zastępuje** brctl(8), vconf(8) i in.

Jednostki SystemD, cd.

- *X*.`path` — monitoruje ustaloną ścieżkę w systemie plików. Powinien mu towarzyszyć *X*.`service` lub inna jednostka uruchamiana w razie zmiany ścieżki. Wykorzystuje `inotify(7)`. **Zastępuje** `inotify_watch(1)`.
- *X*.`mount` — opis punktu montażowego. **Zastępuje** jeden wiersz `fstab(5)`.
- *X*.`swap` — konfiguracja partycji wymiany. **Zastępuje** wpis w `fstab(5)`.
- *X*.`automount` — wyzwalacz montowania w miarę potrzeb. Powinien mu towarzyszyć opis punktu montażowego *X*.`mount`. **Zastępuje** `inotify_wait(1)`.
- *X*.`scope`, *X*.`slice` — grupowanie procesów z wykorzystaniem cgroups. **Zastępują** `libcgroup(3)`.
- *X*.`snaphot` — zapis stanu systemu.

Przykład: fstrim

fstrim.timer

```
[Unit]
Description=Discard unused blocks once a week
Documentation=man:fstrim

[Timer]
OnCalendar=weekly
AccuracySec=1h
Persistent=true

[Install]
WantedBy=timers.target
```

Przykład: fstrim, cd.

fstrim.service

```
[Unit]
Description=Discard unused blocks

[Service]
Type=oneshot
ExecStart=/sbin/fstrim -av
```

Przykład: eth0

eth0.link

```
[Match]
MACAddress=00:36:e4:aa:33:76

[Link]
MACAddressPolicy=random
Name=eth0
```

99-default.link

```
[Link]
NamePolicy=kernel database onboard slot path mac
MACAddressPolicy=persistent
```

Przykład: /tmp w ramdysku

tmp.service

```
[Unit]
Description=Temporary Directory
Documentation=man:hier(7)
Documentation=http://www.freedesktop.org/wiki/Software/...
ConditionPathIsSymbolicLink=!/tmp
DefaultDependencies=no
Conflicts=umount.target
Before=local-fs.target umount.target
After=swap.target

[Mount]
What=tmpfs
Where=/tmp
Type=tmpfs
Options=mode=1777,strictatime,nosuid,nodev

[Install]
WantedBy=local-fs.target
```

Przykład: swap w skompresowanym ramdysku

zramswap.service

```
[Unit]
Description=Configure zram device and use it for swap
After=systemd-modules-load.service

[Service]
RemainAfterExit=yes
ExecStartPre=/bin/sh -c '/sbin/zramctl -f --size 3072M > /run/zramswap'
ExecStart=/bin/sh -c 'test -b $(cat /run/zramswap) || exit 1; \
   /sbin/mkswap $(cat /run/zramswap); \
   /sbin/swapon -o discard $(cat /run/zramswap)'
ExecStop=/bin/sh -c 'test -b $(cat /run/zramswap) || exit 1; \
   /sbin/swapoff $(cat /run/zramswap)'
ExecStopPost=/bin/sh -c 'test -b $(cat /run/zramswap) || exit 1; \
   /sbin/zramctl -r $(cat /run/zramswap); cat /dev/null > /run/zramswap'

[Install]
WantedBy=sysinit.target
```

Krytyka SystemD

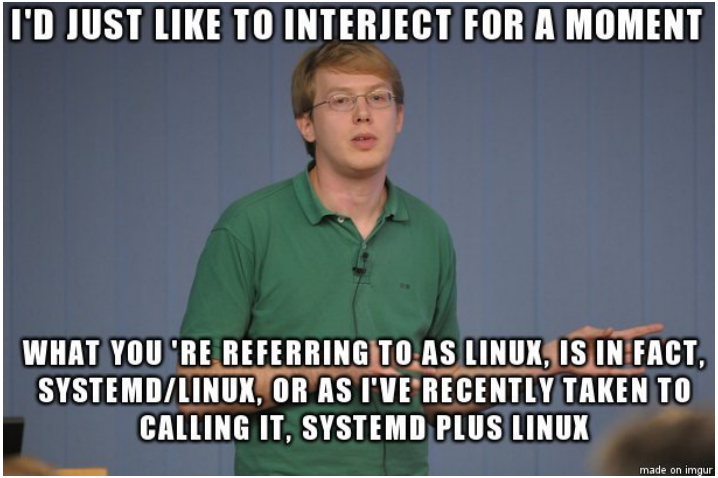
- Zbyt skomplikowany i rozbudowany.
- Zamienia Linuksa (filozofia klocków Lego) w monolit złożony z jednego wielkiego programu — nie pozostawia miejsca na wybór komponentów dystrybucji.
- Sprzeczny z filozofią Uniksa.
- Zamiast wolności wyboru fragmentów oprogramowania — dyktatura SystemD.
- Przerost funkcji kosztem modularności i jakości kodu.
- Po wprowadzeniu SystemD jako domyślnego systemu w Debianie powstał fork Devuan.
- W Debianie są spakietowane także stary SysV Init i OpenRC. Jednak nie ma wymogu, aby pakiety zawierały konfigurację dla tych systemów (dla SystemD też nie, ale on ma mechanizmy kompatybilności z SysV Init).

Lennart Poettering

- 15/10/1980, Guatemala
- obywatelstwo niemieckie
- Autor:
  - PulseAudio (2004)
  - Avahi (2005)
  - SystemD (2010)
- Krytykuje filozofię Uniksa.
- Krytykuje przenośność oprogramowania (*portability vs. innovation*), postuluje zerwanie kompatybilności Linuksa z POSIX i SUS.
- Krytykuje linuksowy sposób dystrybucji oprogramowania.

> The classic Linux distribution scheme is frequently not what end users want, either. Many users are used to app markets like Android, Windows or iOS/Mac have. Markets are a platform that doesn't package, build or maintain software like distributions do, but simply allows users to quickly find and download the software they need, with the app vendor responsible for keeping the app updated, secured, and all that on the vendor's release cycle.

SystemD


I'D JUST LIKE TO INTERJECT FOR A MOMENT
WHAT YOU 'RE REFERRING TO AS LINUX, IS IN FACT, SYSTEMD/LINUX, OR AS I'VE RECENTLY TAKEN TO CALLING IT, SYSTEMD PLUS LINUX
made on imgur


I don't need bloatware! I'd like to follow the Unix way!
systemd

Dygresja: czego oprogramowanie nie powinno robić

Nieoczekiwane połączenia z Internetem

- `systemd-timesyncd.service` i serwery NTP. Trzeba wiedzieć, żeby wyłączyć: `timedatectl set-ntp false`
- Amarok i CDDB
- vim i słownik ortograficzny języka polskiego
- *Aplikacje nieprzeznaczone do łączenia się z Internetem nie powinny tego robić!*

Nieoczekiwane modyfikacje plików

- ebook-viewer modyfikuje przeglądane pliki EPUB
- *Aplikacje nieprzeznaczone do modyfikowania plików nie powinny tego robić!*

Nie inwestuję w instrumenty finansowe, których nie rozumiem.

— *Warren Buffet*

Nie używam programów, których nie rozumiem.

— *Ja*

System V Init

- Główny plik konfiguracyjny: `/etc/inittab`.
- Koncepcja *runlevels*.
- Biblioteka skryptów uruchamiających w `/etc/init.d/`.
- Katalog `/etc/rcS.d/` oraz dla każdego runlevelu katalog `/etc/rc`*i*`.d/`.
- Program `telinit(8)` do zmiany bieżącego runlevelu.

Katalog /etc/init.d/

- Zawiera skrypty konfigurujące usługi, po jednym dla każdej usługi.
- Każdy skrypt wymaga jednego parametru:
  `start`, `stop`, `reload`, `force-reload`, `restart`, `status`.
- Skrypt można uruchamiać samodzielnie, np.:
  `/etc/init.d/`*`usługa`* `stop`.
- Specjalne polecenie `service(8)`:

  ```
  service script command
  service --status-all
  ```

Runlevels

- Opisują stan konfiguracji systemu (które skrypty z `/etc/init.d` należy wykonać z parametrem `start` lub `stop`).
- Ponumerowane liczbami, zwykle 0–6.
- W Debianie było: 0 — *shutdown*, 1 — *single user mode*, 2 — *multiuser terminal*, 3, 4 — *user defined*, 5 — *multiuser graphical*, 6 — *reboot*.
- Dodatkowo: S — *single user mode*.
- Z każdym *runlevelem* i jest związany katalog `/etc/rc`i`.d/`. Dodatkowo katalog `/etc/rcS.d/`.
- W każdym katalogu dowiązania symboliczne do skryptów z `/etc/init.d`.

Runlevels, cd.

- Nazwa dowiązania `Snnusługa` odpowiada uruchomieniu skryptu `/etc/init.d/usługa` z parametrem `start`, a `Knnusługa` — stop.
- Liczby dwucyfrowe *nn* zapewniają odpowiednią kolejność.
- Skrypt `/etc/init.d/rc` wywołany z parametrem *i* wywołuje skrypt z `/etc/init.d` z parametrem `start` jeśli w nowym *runlevelu* jego dowiązanie zaczyna się na `S`, a w poprzednim *runlevelu* nie było `S` itd.
- Skrypty z `/etc/rcS.d/` wykonywane przed (1–5) lub po (0, 6) skryptach `/etc/rci.d/`.

Główny plik konfiguracyjny `/etc/inittab`

Zawiera m. in.:

- Numer domyślnego runlevelu, np. `id:5:initdefault:`.
- Konfigurację terminali, np. `1:2345:respawn:/sbin/agetty tty1`
- Uruchomienie skryptów runlevelu, np. `l5:wait:/etc/init.d/rc 5`

Zarządzanie dowiązaniami w katalogach /etc/rc*i*.d/

- Dawniej można było ręcznie użyć `ln -s`.
- Problem: dobranie właściwej kolejności skryptów.
- Rozwiązanie: *Dependency-based boot*.
- Nagłówki skryptów z `/etc/init.d`:

```
### BEGIN INIT INFO
# Provides:          boot_facility_1 [ boot_facility_2 ...]
# Required-Start:    boot_facility_1 [ boot_facility_2 ...]
# Required-Stop:     boot_facility_1 [ boot_facility_2 ...]
# Should-Start:      boot_facility_1 [ boot_facility_2 ...]
# Should-Stop:       boot_facility_1 [ boot_facility_2 ...]
# X-Start-Before:    boot_facility_1 [ boot_facility_2 ...]
# X-Stop-After:      boot_facility_1 [ boot_facility_2 ...]
# Default-Start:     run_level_1 [ run_level_2 ...]
# Default-Stop:      run_level_1 [ run_level_2 ...]
# X-Interactive:     true
# Short-Description: single_line_description
# Description:       multiline_description
### END INIT INFO
```

Linux Standard Base script dependency information

- Niskopoziomowe polecenie `insserv(8)` wyliczające właściwą kolejność skryptów na podstawie nagłówków.
- Wylicza pliki `/etc/init.d/.depend.{boot,start,stop}` w składni podobnej do `Makefile`.
- Konfiguracja: `/etc/insserv.conf` i `/etc/insserv.conf.d/*`.
- Konfiguracja katalogów `/etc/rc`*`i`*`.d/` — polecenie `update-rc.d(8)`:

```
update-rc.d [-n] [-f] usługa remove
update-rc.d [-n] usługa defaults
update-rc.d [-n] usługa disable|enable [ S|2|3|4|5 ]
update-rc.d [-n] usługa start|stop
```

- Ostatnia wersja odpowiada poleceniu `service`.

Krytyka SysV Init

Wady

- Jest powolny.
- Bardzo trudno zrównoleglić (procesory mają obecnie wiele rdzeni!).
- *Runlevels* są zbyt ograniczone (jest ich mało, nie są hierarchiczne).
- *LSB dependency boot headers* są zbyt ograniczone.
- Poza `respawn` w `inittab` brak możliwości nadzorowania i wznawiania upadłych serwisów.
- Brak jednolitego logowania zdarzeń (`rsyslog` nie wystarcza).
- Brak jednolitego zarządzania zasobami (w tym wykorzystania *cgroups* i *namespaces*).

Lepsze rozwiązania

- SystemD — uniwersalny, rozbudowany.
- OpenRC – prosty, ale z ograniczeniami.

Deklaratywne podejście do rozruchu systemu

Runlevel powinien opisywać konfigurację docelową, a nie sposób jej osiągnięcia.

Najstarsze implementacje

- SysV Init *LSB script dependency information* — oryginalnie Suse Linux, 2000. Zaadaptowane przez większość dystrybucji, w tym Debiana.
- *Gentoo modular init scripts* (Baselayout), 2001. Niezależny projekt w 2007 pod nazwą OpenRC (główny program przepisany w C). Od 2011 z powrotem jako część projektu Gentoo.

Linux Standard Base script dependency headers

- Usługi: serwisy oraz usługi systemowe, np. `local_fs`, `syslog` (zob. `/etc/insserv.conf`).
- Usługi (*facilities*) są wierzchołkami grafu zależności.
- Zależności opisane za pomocą nagłówków w skryptach:
  - `Provides`
  - `Required-Start`, `Required-Stop` (hard dependency)
  - `Should-Start`, `Should-Stop` (soft dependency)
  - `Default-Start`, `Default-Stop` (runlevel reverse dependency)
  - `X-Start-Before`, `X-Stop-After` (reverse dependency)
  - `X-Interactive` (needs user interaction, don't parallelize)
  - `Short-Description`, `Description`
- `insserv` *statycznie* wyznacza porządek uruchamiania/zatrzymywania (*Makefile-like* `/etc/init.d/.depend.{boot,start,stop}`).
- `startpar(8)` uruchamiany przez `init(8)` uruchamia równolegle skrypty z `/etc/init.d/` zgodnie z porządkiem zapisanym w plikach `.depend.*`.

OpenRC

- Opis serwisu podzielony na konfigurację `/etc/conf.d/`*`service`* i skrypt inicjalizujący `/etc/init.d/`*`service`*.
- Oba pliki: POSIX sh, interpretowane przez `/sbin/openrc-run`.
- Biblioteka funkcji pomocniczych: `libeinfo`.
- Na wzór Debiana polecenie `start-stop-daemon(8)`.
- Skrypt serwisu zawiera funkcję `depend` opisującą zależności.
- Argumenty skryptu: `start`, `stop`, `status`.
- Program `/sbin/openrc` uruchamiany przez `init(8)`.
- `openrc(8)` ma za zadanie osiągnąć podany runlevel, po czym zapisuje stan systemu i kończy działanie.
- Skompilowana konfiguracja jest zapisana w *cache'u*. `openrc(8)` używa `mtime` do śledzenia zmian w plikach źródłowych.
- Stan systemu można sprawdzać (`rc-status(8)`) i modyfikować (`rc-service(8)`).
- Wywołanie `openrc(8)` bez parametru przywraca konfigurację bieżącego runlevela.

Konfiguracja OpenRC

Zależności w funkcji depend() skryptu serwisu

- `need` (hard dependency)
- `want` (medium dependency)
- `use` (soft dependency)
- `before`, `after` (soft reverse dependency)
- `provide`
- `keyword` (platform-specific override)

Runlevels

- Runlevele mają nazwy, a nie numery. Może ich być dowolnie wiele. Są plikami w katalogu `/etc/runlevels/`.
- Runlevele zależą od serwisów.
- Zależności runleveli można zmieniać za pomocą `rc-update(8)`.
- *Stacked runlevels* — zależności runleveli od innych runleveli.
- Współbieżne uruchamianie jako opcja.

Monitorowanie serwisów w OpenRC

- `openrc(8)` kończy pracę po osiągnięciu podanego *runlevela*.
- Monitorowanie serwisów możliwe poprzez zastąpienie polecenia `start-stop-daemon(8)` wywołaniem demona nadzorującego: `runit` (reimplementacja `daemontools`) albo `s6`.
- Własna implementacja: `supervise-daemon(8)`. Uruchamiany program nie może się *fork*-ować.
- Można korzystać z *cgroups*, np.
  `rc-service` *`service`* `cgroup-cleanup`

OpenRC a SysV Init z *dependency boot headers*

- OpenRC zachowuje większość terminologii i zwyczajów SysV Init.
- Funkcja `depend` skryptu serwisu odpowiada *dependency boot headers*.
- Wygodniejszy opis runleveli, możliwość ich hierarchizacji.
- Dynamiczne wyznaczanie grafu zależności (w SysV Init statyczne za pomocą `insserv(8)`).
- Możliwość korzystania z *cgroups* w celu np. zatrzymywania grup zależnych serwisów.