

Základy systémů UNIX a Linux

Jan Outrata



KATEDRA INFORMATIKY
UNIVERZITA PALACKÉHO V OLMOUCI

Úvod do studia na Katedře informatiky PŘF UP

Literatura

Vilém Vychodil, *Linux: Příručka českého uživatele*,
Computer Press, Brno 2003, ISBN 80-7226-333-1.

kolektiv: *Linux: Dokumentační projekt*, 4. aktualizované vydání.
Computer Press, 2008. ISBN 978-80-251-1525-1.

Cannon J.: *Linux for Beginners: An Introduction to the Linux Operating System and Command Line*.
CreateSpace Independent Publishing, 2014.

Ray D. S., Ray Eric J.: *Unix: podrobný průvodce*.
Grada, 2009. ISBN 978-80-247-2125-5

Další zdroje informací

- dokumentace, která je součástí unixových OS (linuxových distribucí)
- libovolné zdroje dostupné na Internetu (články, fóra, diskuze)

Unixové operační systémy (Unix-like)

- = OS koncepčně a filozoficky vycházející z Unixu
- rozšířené: superpočítače, klastry, servery, průmyslové, PC, tablety, mobily aj. elektronika – Linux (Android), Unixy, Apple macOS aj.
- podporované: mnoho volně dostupných aplikací, podpora výrobcí hardwaru
- populární: volně dostupné, univerzální ⇒ nespočet využití, principiální základ mnoha OS
- „neuživatelské?": základní principy a styl práce vycházející z (historické) podstaty OS (koncepte, filozofie) = řešení problémů zpracování dat

Poznání, porozumění, osvojení

- není triviální! – znalosti a disciplína k získání uživatelských návyků
- využití potenciálu systému a počítače naplno, nejen jako (omezené) uživatelské rozhraní pro (neefektivní) použití několika (grafických) aplikací
- příkazový interpret (shell) – tradičně textový
- = používání, zkoušení, experimentování = postupné objevení základních principů a stylu práce (textové UI), získání uživatelských návyků skrze řešení problémů – dlouhá křivka učení (jako u programování), ale vyplatí se!

“Operační systém je základní softwarové vybavení počítače, které se stará o správu systémových zdrojů.”

Charakteristika

- **správa systémových zdrojů (hardware)** (skrze ovladače hardware) **a úloh (aplikací)** (privilegovaný program kontrolující jiné programy)
- **softwarové/systémové rozhraní (API)** pro programy
- **uživatelské rozhraní** pro člověka

Historie OS

- první počítače bez OS
- vedle hlavní úlohy doplňková (efektivita)
- přechod k **víceúlohovým** systémům (sdílení výpočetního času)

Základní části

- **jádro (kernel)**: správy zdrojů (hardware), ovladače hardware, správa úloh (procesů)
- **základní programy**: správa hardware, dat a procesů, ovládání počítače
- **uživatelské rozhraní**: dnes interaktivní, textové nebo grafické

Historie

- 1965 – Multics, Bellovy telefonní laboratoře (AT&T), víceúlohový, víceuživatelský, „složitý“
- konec 60. let – Unix (“Unics”), K. Thompson, D. Ritchie, B. Kernighan, jednodušší, v “assembleru” (jazyk procesoru) pro mainframe PDP-11
- 1973 – Unix v programovacím jazyce C (zlomové: vyšší jazyk, přenositelnost, frustrace)
- konec 70. let – výzkumný (Bell: **System V** Release 4) i univerzitní (UCB: **BSD**) vývoj
- 80. léta – standardizace, norma IEEE **POSIX** (systémové rozhraní, přenositelnost)
- konec 80. let – nyní – komerční i komunitní vývoj

Charakteristika

- víceúlohový (multitask): cyklické přidělování CPU (timesharing)
- **víceuživatelský** (multiuser): HW terminály, SW (grafické) emulátory terminálu
- univerzální (rozšířenost), inspirující (systém souborů, systémové rozhraní, implementace), nadčasově funkční (40-letá koncepce)

Architektura

- vrstevná
 - **jádro (kernel)**: vlastní základ OS
 - **příkazový interpret (shell)**: textový příkazový režim, spouštění programů, programovací jazyk, např. GNU Bash
 - **(základní) programy**: operace s daty (soubory) a úlohami (procesy), “tiché chování”
- uživatelská rozhraní jen jako další programy: OS je na něm nezávislý a tím univerzální, jeho výběr závisí na použití počítače



Historie

- 1983 – projekt FSF (Nadace pro svobodný software), R. M. Stallman
- cíl vytvořit volně použitelný a šiřitelný (svobodný) unixový OS – nový trend ve vývoji OS

Výstup

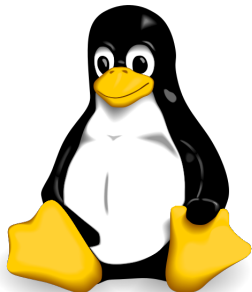
- programové vybavení: shell (Bash), základní i další programy (překladač GCC, editor Emacs aj.)
- jádro: Hurd, dodnes experimentální v neprodukčním stavu
- **obecná veřejná licence GPL**, zaručuje práva software
 - používat
 - kopírovat a sdílet
 - upravovat – implikuje dostupnost zdrojových kódů
 - používat, kopírovat a sdílet upravený (omezuje DRM!)
 - za podmínky zachování licence GPL (virovost), ne u LGPL
- **svobodný (free) software**: volně použitelný a šiřitelný, včetně zdrojových kódů (open source), zadarmo i za peníze (!)

Historie

- 1993 – konec vývoje BSD, poslední 386BSD (uzavřené), pak FreeBSD (přenositelnost), NetBSD (sítě), OpenBSD (bezpečnost), nový kód
- 1991 – Linux, Linus Torvalds, nespokojenost s Minixem, “pokus napsat si OS” (“hobby”), pro i386, žádný kód z Unixu

Charakteristiky

- svobodný software (licence GPL)
- koncepce Unixu (unixový OS), ale Linux \neq Unix (kompatibilní na úrovni zdrojových kódů, splňuje velkou část POSIX)
- přenositelnost a škálovatelnost: nejvíce platform (vedle i386)
- široká hardwarová (ovladače) i softwarová podpora
- ne nutně zpětně kompatibilní (omezuující při vývoji)
- **Tux**: maskot systému



Linux vs. GNU/Linux

- otázka terminologie?
- GNU = shell a základní programy OS z projektu GNU
- Linux = jádro OS, komunitní vývoj (podporovaný firmami)
- jádro + shell + programy = kompletní OS = GNU/Linux
- Linux – obvyklé, ale nepřesné označení celého OS → **linux**

Distribuce GNU/Linuxu

- “balení” systému pro snadnou instalaci a správu OS a aplikací
- další administrátorské programy, specializované aplikace, ...
- aplikace (i jádro) ve formě **balíčků**, závislosti mezi balíčky
- “živé” (live) varianty (Knoppix, Slax), pro provoz netřeba instalovat
- **Debian**, Ubuntu, Mandriva, Fedora, SuSE, Gentoo, ... (i komerční)



- 1 grafické uživatelské prostředí – první kroky, nabídka, nápověda
- 2 textové uživatelské prostředí – první kroky, příkazový řádek, nápověda
- 3 souborový systém – architektura, přístupová práva
- 4 systém procesů, základy shellu – roury, skripty
- 5 zpracování textu – textové editory, národní prostředí
- 6 síťové prostředí – viz Lekce 1. Úvod do počítačových sítí
- 7 grafické uživatelské rozhraní (GUI) – X Window System

- = grafická konzole terminálu
- ovládání klávesnicí a myší, popř. dotykovou obrazovkou

Přihlášení

- uživatelské jméno (login, do výzvy Uživatel:) + heslo (do výzvy Heslo:)
- místo hesla se vypisují puntíky (nebo se nevypisuje), při chybě obojí znovu
- po přihlášení: spuštění grafického desktopového prostředí

Desktop

- okenní systém, plochy, panely, menu, oznamovací ikony, sezení (session), . . . „klasika“ (na PC!)
- menu: (grafické) aplikace, procházení soubory (lokálně i na síti), nastavení prostředí i systému, nápověda, správa počítače



- = textová konzole terminálu nebo emulace terminálu (v grafice)
- původní rozhraní unixových OS pro interakci s uživatelem
- ovládání klávesnicí, myší doplňkově

Přihlášení

- uživatelské jméno (login, za výzvu login:) + heslo (za výzvu Password:)
- heslo se nevypisuje, při chybě obojí znovu
- po přihlášení: výpis data (a počítač) posledního předchozího přihlášení, informace o systému, zprávy dne, informace o poště a spuštění příkazového řádku se shellem

Uživatel

- uživatelé: normální, systémoví, root = admin, může všechno :-)
- uživ. účet: uživ. jméno, heslo, primární skupina, plné jméno, domovský adresář, shell

Příkazový řádek

- textové uživatelské rozhraní příkazového interpretu (shellu) – typicky GNU Bash
- výzva = prompt: typicky login@počítač:adresář\$
- zadání jména příkazu nebo programu včetně parametrů + potvrzení stiskem Enter
- shell je case-sensitive
- (výchozí) klávesy pro pohyb po textu: šipky ←→, C-←, C-→, Home, End, C-a, C-e, C-l a další
- klávesy pro editaci textu: Del, C-d, Backspace, C-t, C-k, C-y aj.
- kopírování textu: označení textu myší a S-C-c + S-C-v nebo stisknutí kolečka myši
- historie příkazů – klávesy: šipky ↑↓, A-←, A-→, C-r + text, C-g a další
- odhlášení: příkazy **logout**, **exit**, klávesa C-d na prázdném řádku

Příkazy a programy

- změna hesla: **passwd** (→ **yppasswd**)
- “úvodní”: **echo**, **who**, **w**, **whoami**, **groups**, **uptime**, **date '+%x %X'**



Nápověda

- manuálové stránky – primární dokumentace příkazů, programů, programátorských funkcí, konfiguračních souborů aj., prohlížeč **man**, klávesy šipky ↑↓, PgUp, PgDn, h, q a další
- vyhledávání manuálových stránek: whatis, apropos
- nápověda shellu: help, type
- GNU Info (info) – hypertextová dokumentace programů, programových knihoven a funkcí, konfigurací aj., info, klávesy q, u, Enter, C-r a další
- dokumentace nainstalovaného software v adresáři /usr/share/doc/, často ve formě HTML stránek



- = systém organizace dat uložených na částech diskových zařízeních (particie) ve formě souborů a adresářů
- podpora mnoha: **Ext[234]**, (V)FAT, NTFS, Reiser, XFS, JFS, Btrfs, ISO-9660, UDF a další
- abstrakce VFS = jediná logická stromová hierarchie souborů a adresářů – kořenový adresář /, jeden fyzický kořenový souborový systém
- připojování (a odpojování) jiných pod adresář v kořenovém (překrytí původního obsahu adresáře), např. /media/cdrom/, mount, umount, pmount, pumount, **df -h**
- kvóta = omezení diskového prostoru pro uživatele (nejen v jeho domovském adresáři), měkká a tvrdá úroveň, **quota**

Soubory a adresáře

- žádná omezení na jména vyjma znaku /, ne duplicitní v tomtéž adresáři
- cesta = posloupnost jmen oddělených /
 - absolutní – od kořenového adresáře /, např. /home/tonda/
 - relativní – od aktuální adresáře ., např. tonda/ nebo ./tonda/, nadřazený aktuálnímu .., např. ../tonda/
- tzv. skryté soubory = jméno začíná ., běžně se nezobrazují ve výpisech jmen
- speciální soubory: zařízení (HW – bloková, např. /dev/sda2, znaková, např. /dev/audio, SW – např. /dev/null, /dev/random), pojmenované roury, sockety, symb. odkazy
- odkazy (link) na soubory/adresáře, program **ln -s**
 - symbolické (soft) – spec. soubor, může být neplatný
 - pevný (hard) – jen další jméno, nelze mimo souborový systém



Příkazy a programy

- procházení adresářů: **pwd**, **cd**, **ls -a -l** (parametry lze “spojit” do **-la**), **mkdir**
- obsah souborů: **touch**, **du -chs**, **file**, **cat**, **more**, **less** (klávesy šipky ↑↓, kolečko myši, PgUp, PgDn, S-PgUp, S-PgDn, h, q a další)
- manipulace se soubory: **cp -afirv**, **mv -fiv**, **rm -rfiv** – není žádná možnost obnovy souboru/adresáře (undelete)!
- hledání souborů: **find -name -regex -size -type -perm -mmin -mtime -delete -exec -printf**, **locate -ir**

(Tradiční unixová) přístupová práva

- souboru/adresáři přidělen uživatel (vlastník) a skupina
- zvlášť pro vlastníka (u), skupinu (g) a ostatní (o)
- pro soubory: čtení (r), zápis (w) a spuštění (x)
- pro adresáře: zjištění podadresářů/souborů (r), vytvoření podadresářů/souborů (w), vstup (x)
- speciální: (bity) SUID, SGID, sticky
- změna vlastníka/skupiny: `chown -R`, `chgrp -R`
- změna práv: **chmod -R** – zadání práv
 - symbolicky: `[ugoa][+|=][rwxXstugo],...`, např. `u-x`, `go+rw`, `ug=rw,o=`
 - osmičkově: až 4 cifry (zleva nuly) jako součet hodnot pro speciální práva (4=SUID, 2=SGID, 1=sticky), pro vlastníka, skupinu a ostatní (4=r, 2=w, 1=x), např. 660
- POSIX ACL – rozšíření na seznamy řízení přístupu se záznamy práv pro konkrétní uživatele

Adresářová struktura

- tradiční unixová (FHS standard), pro GNU/Linux (LSB standard)
- /bin/, /boot/, /dev/, /etc/, /home/, /lib/, /media/, /mnt/, /opt/, /proc/, /root/, /run/, /sbin/, /srv/, /sys/, /tmp/, /usr/, /var/
- zajímavé soubory/adresáře: /boot/vmlinuz, /boot/initrd.img, /dev/mem, /etc/fstab, /etc/passwd, /etc/shadow, /etc/hostname, /etc/init.d/, /lib/modules, /proc/cpuinfo, /proc/<číslo>, /usr/share/man/, /usr/share/doc/, /var/log/, /var/spool/mail/, ...



- program = spustitelný soubor, pasivní reprezentace aplikace
- proces = reprezentace programu po jeho spuštění, aktivní reprezentace aplikace
- multitasking: cyklické přidělování CPU procesům plánovačem procesů (timesharing)
- PID = číselný identifikátor procesu
- jediná stromová hierarchie procesů – kořenový proces (programu) init (PID 1)
 - vytvořený jádrem při startování (bootování) systému
 - spouští systémové programy jako potomky, např. nastavení HW a OS, sítě, spuštění serverů (tzv. daemony), přihlašovací dialog
 - přihlašovací dialog spouští po přihlášení shell/desktop a ten vytváří uživatelské procesy (jako potomky)
- výpis procesů: **ps aux f -ef -H -u o -o**, **top**, **pstree -ap**



- (násilné) ukončení procesu: **kill -9 -l PID**, killall, řešeno tzv. signály
- při ukončení vrací proces rodiči číselnou hodnotu, tzv. návratový kód, 0 pro korektní konec, jinak nenulový (“tiché chování”)
- při ukončení procesu jsou ukončeni i jeho potomci – proces může zařídit, aby nebyli, např. shell, ale nad ním je řídicí terminál → **nohup**
- plánované spouštění programů: **at**, **cron**
- změna priority procesu: nice, renice, maximální=-20, minimální=19, záporné a zvyšovat může jen root

Shell

- = příkazový interpret = vykonávání příkazů v textovém režimu, včetně spouštění programů a jejich správa – tzv. úlohy
 - např. GNU Bash, C shell, Ksh, Zsh, aj.
 - programy vs. příkazy – např. cd, help, alias, eval, aj.

Řízení úloh

- úloha může běžet tzv. na popředí nebo na pozadí – blokuje shell a umožňuje výstup na terminál nebo ne
- obyčejné spuštění programu – na popředí
- spuštění programu na pozadí: **&**, vrátí ID úlohy
- výpis úloh: jobs
- stavy procesu: běžící, spící (kvůli vstupně/výstupní operaci), pozastavený
- pozastavení úlohy (na popředí): klávesa **C-z**
- přepnutí úlohy z popředí na pozadí: pozastavení + **bg**
- přepnutí úlohy z pozadí na popředí: **fg**
- (násilné) ukončení úlohy (na popředí): klávesa **C-c**



Expanze jmen souborů/adresářů

- zástupné znaky: ~, *, ?, []
- potlačení: *, '* ', "*"
- **klávesa TAB** v příkazovém řádku – doplňuje jméno příkazu/programu, adresáře/souboru aj.!
- shell má vždy nastaven nějaký aktuální adresář – použití relativních cest

Vstup a výstup programu

- každý program má (standardní) vstup, výstup a chybový výstup
- **filtr** = program, který (neinteraktivně) transformuje data ze vstupu na výstup
- přesměrování vstupu ze souboru: `program < soubor`
- přesměrování výstupů do souboru: `program > soubor`, `2>`, `&>` (`program > soubor 2> &1`), `>>`
- nelze zároveň přesměrovat vstup i výstup z/do téhož souboru = výmaz obsahu souboru!
- **roura (pipe) |** = systémové propojení 2 programů přesouvající výstup 1. na vstup 2.:
`program1 | program 2`
- pojmenovaná roura (fifo) = spec. soubor reprezentující rouru, vytvoření `mkfifo`, použití pomocí přesměrování z/do souboru

Programovací jazyk

- shell je plnohodnotný programovací jazyk!
- příkazy + spouštění programů
- proměnné – vnitřní, např. PATH (seznam cest pro hledání programu při spouštění, standardně neobsahuje akt. adresář!, nalezení programu: which), USER, HOME, uživatelské, speciální, např. \$?
- podmínky: if, test [, =, !=, &&, ||, !, case
- cykly: for, while, until, break, continue
- celočíselná aritmetika: \$[], \$(())
- funkce: function (), seskupování příkazů { }
- “podshell”: (), s výstupem “, \$()
- **skript** = soubor s programem v (prog. jazyku) shellu
 - lze použít jako každý jiný program
 - první řádek: #!/cesta/k/shellu parametry
 - např. konfigurační skripty shellu: .bashrc, .bash_profile, .profile aj. v ~



(jednoduché) programy – filtry, vstup/výstup
+
roura
+
programovací jazyk
=
cokoliv!



- datové soubory v UNIXu tradičně textové – konfigurace, systémové informace, dokumentace, logy, ...
- **(plain) text** = posloupnost řádků
- řádek = posloupnost tisknutelných znaků z ASCII tabulky (včetně národních znaků, dnes i Unicode) zakončená znakem pro nový řádek \n (hodnota 10)
- textový editor = editor plain textu, ne “textový editor” typu “Word” apod.
- textová reprezentace větší než binární, ale snadno čitelná a editovatelná + komprese
- návyk na textový editor

GNU textutils

- obsah souboru: **cat -n** (klávesa C-d), **tac**, **rev**, **head -n -1**, **tail -n +1**, **wc -cmlw**
- třídění řádků, obsah do/ze sloupců: **sort -fnrukt**, **uniq -cdiu** (setříděné řádky!), **cut -bcdf N-M**, **paste -d**
- rozdíl v souborech: **diff -quyrNi**, **patch -iop**

Filtry a proudové editory

- **regulární výraz** = vzor řetězce: `., \, \t, \n, [^-[digit:]], ^, $, ?, *, +, , |, () + \n`, základní (BRE) a rozšířené POSIX (ERE)
- filtrování řádků odpovídajících vzoru: **grep -EefivclnqABCrw**, `[bz,lz,xz,z,zip][e,f]grep`, `rgrep`
- proudový editor **sed** – např. `s/vzor/náhrada/g` (náhrada textu), `/vzor/d` (výmaz textu)
- prog. jazyk **awk -F** – např. `{ print $2"$1 }` (práce se sloupci)
- náhrada znaků: `tr -ds`

Celoobrazkové editory

- **Vi (Vim)** – režimy (vkládací, příkazový), příkazy `Esc`, šipky (`h, j, k, l`), `Home (^, 0)`, `End ($)`, `PgUp`, `PgDn`, `i, a, o, r, x, d, u, y, p, /, ?, :%s, :e, :w, :p, :n, :q!` aj.
- **GNU Emacs (Jed)** – buffer, okno, rámeček, módy (podpora editace), klávesy (pro pohyb v textu a editaci) jako v příkazovém řádku, `PgUp`, `PgDn`, `S-C-`, `C-spc`, `A-w`, `C-w`, `C-s`, `C-r`, `A-%`, `C-g`, `C-x C-f`, `C-x C-s`, `C-x C-w`, `C-x b`, `C-x 2`, `C-x o`, `A-x`, `C-x C-c`, vestavěný tutoriál (`C-h t`), `tetris` a `psychiatr` (jen Emacs) :-)
- `Nano/Pico` aj.

Národní prostředí (české)

- standardně kódování textu **UTF-8**
- lokalizační proměnné shellu: LANG, LC_MESSAGES, LC_ALL, hodnota cs_CZ.UTF-8, locale
- konverze mezi kódováními textu: **cstocs**, **recode -l**, **enca**
- konverze konců řádků: dos2unix, unix2dos
- jazykové korektury: ispell -d, aspell

Netextové (obecně binární) soubory

- čtení a zápis: **dd** if= of= bs= count=
- porovnávání: cmp -l
- rozdělování a spojování: split -b, cat
- komprese a dekomprese: **tar ctx -fjpvz** (archivace), gzip -cdtv, bzip2 -cdtv (jen 1 soubor!)



Slajdy Úvod do počítačových sítí

- ping, traceroute, nslookup, host
- telnet, ssh, ftp, scp, wget

Programy

- **socket -s** – “síťová roura”
- e-mail: mailx -abcs, **mutt** -abcs, fetchmail -pu, procmail, gpg

Služby pro sdílení uživ. účtů a diskového prostoru (unixové)

- NIS – sdílení uživ. účtů, ypcat, **yppasswd**
- NFS – síťový souborový systém

X Window System (X)



- standardní UNIXové grafické uživatelské rozhraní (GUI)
- poskytuje grafickou konzoli systému
- požadavky: grafický výstup, okna a ukazatel, nezávislost na HW a OS (vrstevný model), **síťová podpora** (vzdálené zobrazování oken aplikací)
- historie: 1984 projekt Athena na MIT, verze X11R7, pro GNU/Linux implementace XFree86, X.org

Architektura

- **X server** – poskytuje graf. výstup a vstup od uživatele (graf. konzole), síťová adresa obrazovky hostname:display.screen, obyčejný program + podpora v jádře Linux (DRI), spuštění: startx
- **X klient** – grafický uživ. program využívající X
 - správce oken – vzhled a chování oken, popř. panel nabídky, např. Metacity, KWin, Fluxbox, FVWM, Window Maker, Compiz, Mutter
 - správce desktopu – správa sezení, plochy, panely, menu, oznamovací ikony apod., např. GNOME, KDE, Xfce
 - správce displeje – graf. přihlášení, výběr lokalizace (jazyka), správce desktopu/oken, vzdálené přihlášení (XDMCP), vypnutí systému
 - vzdálený výstup: **ssh -X** – při spuštění graf. programu na SSH serveru výstup na SSH klientovi
 - standardní: **xterm** (emulátor textového terminálu v okně), xset (nastavení DPMS, zrychlení myši, opakování kláves aj.), xsetroot (nastavení kurzoru myši a pozadí plochy), setxkbmap (výběr rozložení kláves) a další
- X protokol – síťový protokol pro komunikaci mezi X serverem a X klientem, porty 6000+/tcp



Ovládání

- okamžitý restart: C-A-Bksp
- přepnutí do textové nebo jiné grafické konzole: C-A-F1 až C-A-F6, C-A-F7 až C-A-F12
- z textové konzole přepnutí do jiné textové nebo grafické konzole: A-F1 až A-F6, A-F7 až A-F12
- kopírování textu: označit (automaticky ve schránce) + stisk kolečka myši (vložení)
- změna národního rozložení klávesnice: S-S, dočasně AltGr, indikace LED Scroll Lock (v závislosti na nastavení)



Happy GNU/Linux hacking ;-)