

Budučynia, što my prasrali

Uładzimir Okoła-Kułak

Systemny inżynier

Varšava, 2021

Plan

- 1 Ustup
- 2 Historyja UNIX
- 3 Kolki słowaŭ ab asablivaściach UNIX
- 4 Kolki słowaŭ ab Post-UNIX
- 5 Vyniki

Papiaredžańnie:

- Говорить буду на «экстремистско-коллаборантском» наречии великорусского языка;
- Текст презентации написан преимущественно «латинкой» вышеупомянутого наречия;
- «Demo» ci «practyki» nia budzie;
- Pryhožych zdymkaŭ ekranu nia budzie;
- Budzie šmat ahulnaviadomaj infarmacyji pra UNIX;
- Miescami budzie wielmi sumna j motašna;
- Infarmacyja pra Plan9 i Post-UNIX budzie ściptaŭ j paviarchoŭnaja, na roŭni prostaha ahladu;
- Practyčnaja karyść dakładu blizkaja da nulu;
- Asnoŭnaja ŭvaha ahulnym idejam i konceptom, a nie techničnym detalam.

Parada: Kali nie padabajecca choć adzin z pieraličanych punktaŭ, to nie hubliajcie chasu i vychodźcie.

Karotkaja historyja UNIX

AT&T, Bell Labs

1969. Pieršy UNIX (UNICS) pad PDP-7.

1971. UNIX 1st Edition pad PDP-11/20.

1973. UNIX 4th, pierapisany na C.

1975. UNIX 6th Edition. Raspašiusud pa-za miežami AT&T.

Karotkaja historyja UNIX

AT&T, Bell Labs

- 1969. Pieršy UNIX (UNICS) pad PDP-7.
- 1971. UNIX 1st Edition pad PDP-11/20.
- 1973. UNIX 4th, pierapisany na C.
- 1975. UNIX 6th Edition. Raspašiusd pa-za miežami AT&T.

UC Berkeley

- 1978. Žjauleñnie BSD UNIX.
- 1983. Žjauleñnie 4.2BSD UNIX. Pieršaja realizacija TCP/IP.

Karotkaja historyja UNIX

AT&T, Bell Labs

- 1969. Pieršy UNIX (UNICS) pad PDP-7.
- 1971. UNIX 1st Edition pad PDP-11/20.
- 1973. UNIX 4th, pierapisany na C.
- 1975. UNIX 6th Edition. Raspašiusd pa-za miežami AT&T.

UC Berkeley

- 1978. Žjauleñnie BSD UNIX.
- 1983. Žjauleñnie 4.2BSD UNIX. Pieršaja realizacija TCP/IP.

MIT, FSF

- 1983. Žjauleñnie prajektu GNU.

Karotkaja historyja UNIX

AT&T, Bell Labs

- 1969. Pieršy UNIX (UNICS) pad PDP-7.
- 1971. UNIX 1st Edition pad PDP-11/20.
- 1973. UNIX 4th, pierapisany na C.
- 1975. UNIX 6th Edition. Raspašiusd pa-za miežami AT&T.

UC Berkeley

- 1978. Žjauleñnie BSD UNIX.
- 1983. Žjauleñnie 4.2BSD UNIX. Pieršaja realizacija TCP/IP.

MIT, FSF

- 1983. Žjauleñnie prajektu GNU.

IEEE

- 1988. Žjauleñnie stosu standartaŭ POSIX.

Karotkaja historyja UNIX

AT&T, Bell Labs

- 1969. Pieršy UNIX (UNICS) pad PDP-7.
- 1971. UNIX 1st Edition pad PDP-11/20.
- 1973. UNIX 4th, pierapisany na C.
- 1975. UNIX 6th Edition. Raspašiusd pa-za miežami AT&T.

UC Berkeley

- 1978. Žjauleñnie BSD UNIX.
- 1983. Žjauleñnie 4.2BSD UNIX. Pieršaja realizacija TCP/IP.

MIT, FSF

- 1983. Žjauleñnie prajektu GNU.

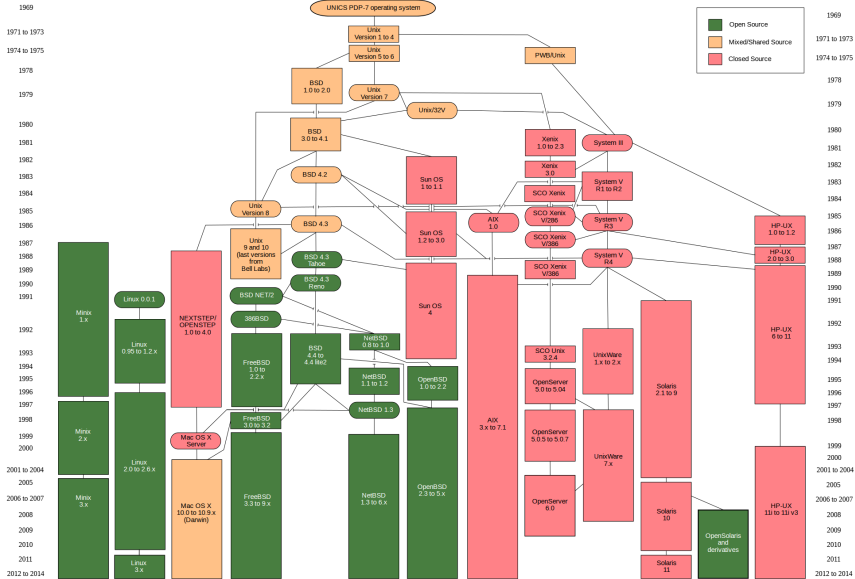
IEEE

- 1988. Žjauleñnie stosu standartaŭ POSIX.

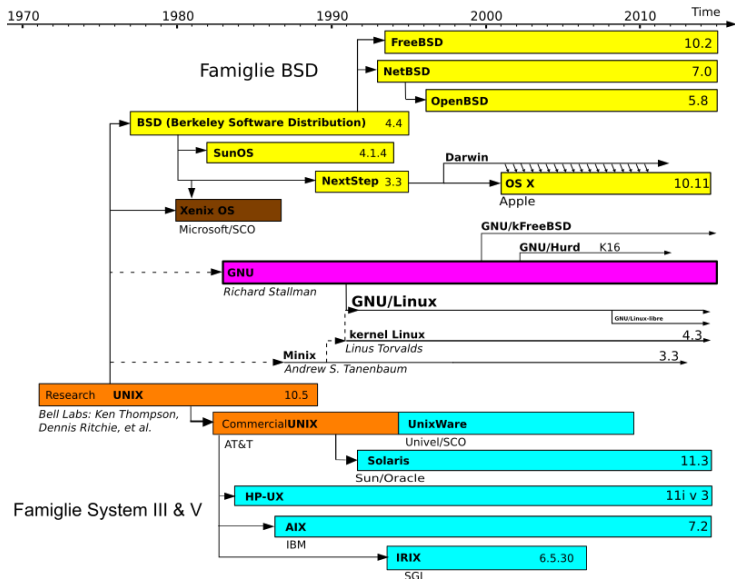
Helsingin yliopisto

- 1991. Žjauleñnie jadzierka Linux.

Dosyć raspaŭsiudžany varyjant hienieaŭahičnaha dreva UNIX



Varyjant sproščanaha hienetlahičnaha dreva UNIX



- Denis Ryčy (**Dennis MacAlistair Ritchie**). BCPL, B, C, ALTRAN, Multics, UNIX, Plan9, Inferno, Limbo. Bell Labs
- Kien Tomsan (**Kenneth Lane Thompson**). B, UNIX, Space Travel, QED, ed, Belle, Go, UTF-8. Bell Labs, Entrisphere, Google
- Brajan Kiernihan (**Brian Wilson Kernighan**). AWK, C, UNIX, AMPL. Bell Labs
- Rob Pajk (**Robert C. Pike**). Blit, UNIX, Plan9, Inferno, UTF-8, Sam, Acme, Go. Bell Labs, Google
- Ryčard Stoľman (**Richard Matthew Stallman**). GNU, GCC, GDB, HURD, Emacs. MIT, FSF, LPF
- Endru Tanenbaum (**Andrew Stuart Tanenbaum**). Minix, RFID, Amsterdam Compiler Kit. Vrije Universiteit Amsterdam
- Linus Torvalds (**Linus Benedict Torvalds**). Linux, Git. Tramsmeta, OSDL, The Linux Foundation

- ❶ Lohki pieranos na inšyja aparatnyja architektury;
- ❷ Šmatzadačnaść;
- ❸ Šmatkarystalnackaja asiarodźzie;
- ❹ Discretionary Access Control. Prostaja bazavaja systema raźmiežavańnia j kantrolu dostupu;
- ❺ Datrymańnie pryncypaŭ «KISS» i «üşio fajł abo praces»;
- ❻ UNIX-way;
- ❼ Adzinaja herarchičnaja fajłavaja systema, FHS (Filesystem Hierarchy Standard);
- ❽ Mnostva inšych charakternych prykmietaŭ:
 - ▶ vykarystańnie prostych tekstavych kanfiguracyjnych fajłaŭ;
 - ▶ šyrokaje vykarystańnie prahramaŭ z tekstavym interfejsam, utylitaŭ kamandnaha radku j scenaroŭ abaŭtonki;
 - ▶ uzajemadziejańnie praz terminał ci jaho emulatar.

Unix-way pavodle Duhu Makitroju (Malcolm Douglas McIlroy)

- Pišycie prahramy, što robiać adnu spravu ale robiać jaje dobra.
- Pišycie prahramy, jakija zdolnyja pracavać razam.
- Pišycie prahramy, jakija padtrymlivajuć tekstavyja strumieni, bo heta univiersalny interfejs.

- Usio joŭć fajł.

Asnoŭnyja isnaŭci ŭ UNIX

- Usio joŭć fajł.
- Usio joŭć fajł ci praces.

Asnoŭnyja isnaŭci ŭ UNIX

- Usio jość fajł.
- Usio jość fajł ci praces.
- Jość fajły, pracesy j niafajłavyja API (syhnały, systemnyja vykliki).

- Usio jość fajł.
- Usio jość fajł ci praces.
- Jość fajły, pracesy j niafajłavyja API (syhnały, systemnyja vykliki).
- Jość fajły, pracesy j niafajłavyja API (syhnały, systemnyja vykliki), a taksama sesiji/padłučeńni.

Kštaŧy fajŧaŧ u UNIX:

- 1 Zvyčajnyja fajŧy j spasyŧki (**regular files and hard links**);
- 2 Katalohi (**directories**);
- 3 Admystovyja fajŧy blokavych pryŧadaŧ (**block devices**);
- 4 Admystovyja fajŧy symbalnych pryŧadaŧ i sieŧdapryŧadaŧ (**character devices and pseudo-devices**);
- 5 Pajmienavanyja kanaŧy (**named pipes, FIFO**);
- 6 Sokiety (**sockets**);
- 7 Symbalnyja spasyŧki (**symlinks, symbolic links**);
- 8 Ekzotyka.

Kštaŧy fajŧaŧ u UNIX:

- 1 Zvyčajnyja fajŧy j spasyŧki (**regular files and hard links**);
- 2 Katalohi (**directories**);
- 3 Admystovyja fajŧy blokavych pryŧadaŧ (**block devices**);
- 4 Admystovyja fajŧy symbalnych pryŧadaŧ i sieŧdapryŧadaŧ (**character devices and pseudo-devices**);
- 5 Pajmienavanyja kanaŧy (**named pipes, FIFO**);
- 6 Sokiety (**sockets**);
- 7 Symbalnyja spasyŧki (**symlinks, symbolic links**);
- 8 Ekzotyka.

Zaŧvahi:

Joŧć problema klasyfikacyi fajŧaŧ **procfs, sysfs**.

```
file /proc/cpuinfo
```

```
cat /proc/cpuinfo | wc
```

```
ls -al /proc/cpuinfo
```

Zazirniem u <sys/stat.h>

Šukajem usio padobnaje da fajlaŭ

Zazirniem u <sys/stat.h>

Šukajem usio padobnaje da fajtaŭ

- S_ISREG() – adpaviadaje zvyčajnamu fajtu;

Zazirniem u <sys/stat.h>

Šukajem usio padobnaje da fajtaŭ

- S_ISREG() – adpaviadaje zwyčajnamu fajtu;
- S_ISDIR() – adpaviadaje katalohu;

Zazirniem u <sys/stat.h>

Šukajem usio padobnaje da fajtaŭ

- S_ISREG() – adpaviadaje zwyčajnamu fajtu;
- S_ISDIR() – adpaviadaje katalohu;
- S_ISCHR() – adpaviadaje fajtu symbalnaj pryłady;

Zazirniem u <sys/stat.h>

Šukajem usio padobnaje da fajtaŭ

- S_ISREG() – adpaviadaje zvyčajnamu fajtu;
- S_ISDIR() – adpaviadaje katalohu;
- S_ISCHR() – adpaviadaje fajtu symbalnaj pryłady;
- S_ISBLK() – adpaviadaje fajtu blokavaj pryłady;

Šukajem usio padobnaje da fajtaŭ

- S_ISREG() – adpaviadaje zvyčajnamu fajtu;
- S_ISDIR() – adpaviadaje katalohu;
- S_ISCHR() – adpaviadaje fajtu symbalnaj pryłady;
- S_ISBLK() – adpaviadaje fajtu blokavaj pryłady;
- S_ISFIFO() – moža adpaviadać fajtu pajmienavanaha kanału **abo** IPC-abjektu (u vypadku niepajmienavanaha kanału);

Šukajem usio padobnaje da fajtaŭ

- S_ISREG() – adpaviadaje zvyčajnamu fajtu;
- S_ISDIR() – adpaviadaje katalohu;
- S_ISCHR() – adpaviadaje fajtu symbalnaj pryłady;
- S_ISBLK() – adpaviadaje fajtu blokavaj pryłady;
- S_ISFIFO() – moža adpaviadać fajtu pajmienavanaha kanału **abo IPC-abjektu (u wypadku niepajmienavanaha kanału)**;
- S_ISLNK() – adpaviadaje symbalnaj spasyłcy;

Šukajem usio padobnaje da fajtaŭ

- S_ISREG() – adpaviadaje zwyčajnamu fajtu;
- S_ISDIR() – adpaviadaje katalohu;
- S_ISCHR() – adpaviadaje fajtu symbalnaj pryłady;
- S_ISBLK() – adpaviadaje fajtu blokavaj pryłady;
- S_ISFIFO() – moža adpaviadać fajtu pajmienavanaha kanału **abo IPC-abjektu (u wypadku niepajmienavanaha kanału)**;
- S_ISLNK() – adpaviadaje symbalnaj spasyłcy;
- S_ISSOCK() – adpaviadaje sokietu;

Šukajem usio padobnaje da fajtaŭ

- S_ISREG() – adpaviadaje zwyčajnamu fajtu;
- S_ISDIR() – adpaviadaje katalohu;
- S_ISCHR() – adpaviadaje fajtu symbalnaj pryłady;
- S_ISBLK() – adpaviadaje fajtu blokavaj pryłady;
- S_ISFIFO() – moža adpaviadać fajtu pajmienavanaha kanału **abo IPC-abjektu (u wypadku niepajmienavanaha kanału)**;
- S_ISLNK() – adpaviadaje symbalnaj spasyłcy;
- S_ISSOCK() – adpaviadaje sokietu;

Šukajem usio padobnaje da fajtaŭ

- S_ISREG() – adpaviadaje zwyčajnamu fajtu;
- S_ISDIR() – adpaviadaje katalohu;
- S_ISCHR() – adpaviadaje fajtu symbalnaj pryłady;
- S_ISBLK() – adpaviadaje fajtu blokavaj pryłady;
- S_ISFIFO() – moža adpaviadać fajtu pajmienavanaha kanału **abo IPC-abjektu (u wypadku niepajmienavanaha kanału)**;
- S_ISLNK() – adpaviadaje symbalnaj spasyłcy;
- S_ISSOCK() – adpaviadaje sokietu;

Moža jość jašče štości cikavaje?

Zazirniem u <sys/stat.h>

Šukajem usio padobnaje da fajtaŭ

- S_ISREG() – adpaviadaje zvyčajnamu fajtu;
- S_ISDIR() – adpaviadaje katalohu;
- S_ISCHR() – adpaviadaje fajtu symbalnaj pryłady;
- S_ISBLK() – adpaviadaje fajtu blokavaj pryłady;
- S_ISFIFO() – moža adpaviadać fajtu pajmienavanaha kanału **abo IPC-abjektu (u wypadku niepajmienavanaha kanału)**;
- S_ISLNK() – adpaviadaje symbalnaj spasyłcy;
- S_ISSOCK() – adpaviadaje sokietu;

Moža jość jašče štości cikavaje? IPC abjekty?

Zazirniem u <sys/stat.h>

Šukajem usio padobnaje da fajtaŭ

- S_ISREG() – adpaviadaje zvyčajnamu fajtu;
- S_ISDIR() – adpaviadaje katalohu;
- S_ISCHR() – adpaviadaje fajtu symbalnaj pryłady;
- S_ISBLK() – adpaviadaje fajtu blokavaj pryłady;
- S_ISFIFO() – moža adpaviadać fajtu pajmienavanaha kanału **abo IPC-abjektu (u wypadku niepajmienavanaha kanału)**;
- S_ISLNK() – adpaviadaje symbalnaj spasyłcy;
- S_ISSOCK() – adpaviadaje sokietu;

Moža jość jašče štości cikavaje? IPC abjekty?

- **STYPE_ISMQ()** – adpaviadaje čarzie pavidamleńniaŭ;

Šukajem usio padobnaje da fajtaŭ

- S_ISREG() – adpaviadaje zvyčajnamu fajtu;
- S_ISDIR() – adpaviadaje katalohu;
- S_ISCHR() – adpaviadaje fajtu symbalnaj pryłady;
- S_ISBLK() – adpaviadaje fajtu blokavaj pryłady;
- S_ISFIFO() – moža adpaviadać fajtu pajmienavanaha kanału **abo IPC-abjektu (u wypadku niepajmienavanaha kanału)**;
- S_ISLNK() – adpaviadaje symbalnaj spasyłcy;
- S_ISSOCK() – adpaviadaje sokietu;

Moža jość jašče štości cikavaje? IPC abjekty?

- STYPE_ISMQ() – adpaviadaje čarzie pavidamleńniaŭ;
- STYPE_ISSEM() – adpaviadaje siemaforu;

Zazirniem u <sys/stat.h>

Šukajem usio padobnaje da fajtaŭ

- S_ISREG() – adpaviadaje zvyčajnamu fajtu;
- S_ISDIR() – adpaviadaje katalohu;
- S_ISCHR() – adpaviadaje fajtu symbalnaj pryłady;
- S_ISBLK() – adpaviadaje fajtu blokavaj pryłady;
- S_ISFIFO() – moža adpaviadać fajtu pajmienavanaha kanału **abo IPC-abjektu (u wypadku niepajmienavanaha kanału)**;
- S_ISLNK() – adpaviadaje symbalnaj spasyłcy;
- S_ISSOCK() – adpaviadaje sokietu;

Moža jość jašče štości cikavaje? IPC abjekty?

- STYPE_ISMQ() – adpaviadaje čarzie pavidamleńniaŭ;
- STYPE_ISSEM() – adpaviadaje siemaforu;
- STYPE_ISSHM() – adpaviadaje abjektu abahulenaj pamiaci;

Zazirniem u <sys/stat.h>

Šukajem usio padobnaje da fajtaŭ

- S_ISREG() – adpaviadaje zvyčajnamu fajtu;
- S_ISDIR() – adpaviadaje katalohu;
- S_ISCHR() – adpaviadaje fajtu symbalnaj pryłady;
- S_ISBLK() – adpaviadaje fajtu blokavaj pryłady;
- S_ISFIFO() – moža adpaviadać fajtu pajmienenavanaha kanału **abo IPC-abjektu (u wypadku niepajmienenavanaha kanału)**;
- S_ISLNK() – adpaviadaje symbalnaj spasyłcy;
- S_ISSOCK() – adpaviadaje sokietu;

Moža jość jašče štości cikavaje? IPC abjekty?

- STYPE_ISMQ() – adpaviadaje čarzie paviedamleńniaŭ;
- STYPE_ISSEM() – adpaviadaje siemaforu;
- STYPE_ISSHM() – adpaviadaje abjektu abahulenaj pamiaci;

«Houston, we have a problem».

Zazirniem u <sys/stat.h>

Šukajem usio padobnaje da fajtaŭ

- S_ISREG() – adpaviadaje zvyčajnamu fajtu;
- S_ISDIR() – adpaviadaje katalohu;
- S_ISCHR() – adpaviadaje fajtu symbalnaj pryłady;
- S_ISBLK() – adpaviadaje fajtu blokavaj pryłady;
- S_ISFIFO() – moža adpaviadać fajtu pajmienenavanaha kanału **abo IPC-abjektu (u wypadku niepajmienenavanaha kanału)**;
- S_ISLNK() – adpaviadaje symbalnaj spasyłcy;
- S_ISSOCK() – adpaviadaje sokietu;

Moža jość jašče štości cikavaje? IPC abjekty?

- STYPE_ISMQ() – adpaviadaje čarzie paviedamleńniaŭ;
- STYPE_ISSEM() – adpaviadaje siemaforu;
- STYPE_ISSHM() – adpaviadaje abjektu abahulenaj pamiaci;

«Houston, we have a problem».

STYPE_ISMQ(), STYPE_ISSEM(), STYPE_ISSHM(), S_ISFIFO() – **parušajuć siemantyku fajtu**

A što z pracesami?

Kštaŭty pracesaŭ:

- 1 Init i systemnyja; (**Tut jość pytańni**)
- 2 Słužby/**services/daemons**;
- 3 Interaktyŭnyja, karystalnickija.

A što z pracesami?

Kštaŭty pracesaŭ:

- 1 Init i systemnyja; (**Tut jość pytańni**)
- 2 Słužby/**services/daemons**;
- 3 Interaktyŭnyja, karystalnickija.

API:

- Systemnyja vykliki; (**Tut jość problemy**)
- Syhnaŭ; (**Tut jość pytańni**)

I tut jošć prablemy:

- X11 i hrafičnaja padsystema naohuť;
- Kirawańnie sesijami j padłučeńniami;
- Madel raźmiežawańnia j kantrolu dostupu. (**Abmiarkujem padrabiaźniej**)

❶ DAC. Discretionary access control.

Uniwiersalnaja, prostaja, zrazumiełaja «with owner» śchiema.

Dadatkowyja mylicy i padporki:

- ▶ Capability-based security. Linux capabilities, POSIX capabilities, FreeBSD Capsicum;
- ▶ ACL;
- ▶ Niuansy z S_ISUID, S_ISGID, S_ISVTX;

❷ RBAC. Role-based access control.

Naturalnaje paśyreńnie DAC. Ale jość krytyčnaja problema:

- ▶ Niaŭniwersalnaść, realizacyji tolki dla HP-UX, AIX, Solaris;

❸ MAC. Mandatory access control

Problemy:

- ▶ Niaŭniwersalnaść, raspaŭsiudźanyja realizacyji tolki dla GNU/Linux, FreeBSD, Solaris;
- ▶ Zabłyтанаść i składanaść bolšaści realizacyjaŭ;
- ▶ Sumnieŭnaja patrebniaść dla pierawaźnaj bolšaści sytuacyjaŭ.

Apieracyjnaja systema == apieracyjnaje asiarodzie

Fundamentalnaje abmiežavańnie Ź UNIX, jakoje zaminaje raspracoŹcy raźmierkavanych systemaŹ.

Cełyja klasy prahramnaha zabiešpiačeńnia dla abychodu hetaha abmiežavańnia:

- raźmierkavanyja serviery prykładanńiaŹ (Tuxedo);
- menedžary resursaŹ, clastar-menedžary (Mesos, Pacemaker);
- arkiestratary pracesaŹ (Nomad z TaskDriver:"raw_exec"/ "exec")
- ...

Śpis asnoŭnych chibaŭ UNIX:

- 1 Parušeńni fajłavaj siemantyki, niafajłavyja API, parušeńnie sietkavaj prazrystaści;
- 2 Zaprostaja bazavaja madel DAC z mnoŭstvam «mylicaŭ dy padporak»;
- 3 «Apieracyjnaja systema == apieracyjnaje asiarodzie».

Śpis asnoŭnych chibaŭ UNIX:

- 1 Parušeńni fajłavaj siemantyki, niafajłavyja API, parušeńnie sietkavaj prazrystaści;
- 2 Zaprostaja bazavaja madel DAC z mnoŭstvam «mylicaŭ dy padporak»;
- 3 «Apieracyjnaja systema == apieracyjnaje asiarodzie».

Ułasna dziela peraadoleńnia hetych problemaŭ i byli raspracavanyja Plan9 dy inšyja Post-UNIX.

Jak Plan9 rozwiązuje architekturne problemy UNIX?

Śpis asnoŭnych chibaŭ UNIX:

- ❶ Parušeńni fajłavaj siemantyki, niafajłavyja API, parušeńnie sietkavaj prozrystaści;
- ❷ Zaprostaja bazavaja madel DAC z mnoŭstvam «mylicaŭ dy padporak»;
- ❸ «Apieracyjnaja systema == apieracyjnaje asiarodzie»

Jak Plan9 rozwiązuje architekturne problemy UNIX?

Śpis asnoŭnych chibaŭ UNIX:

- 1 Parušeńni fajłavaj siemantyki, niafajłavyja API, parušeńnie sietkavaj prozrystaści;
- 2 Zaprostaja bazavaja model DAC z mnoŭstvam «mylicaŭ dy padporak»;
- 3 «Apieracyjnaja systema == apieracyjnaje asiarodzie»

Raźviazańnie ad Plan9:

- 1 «Usie resursy – fajły», 9P, fajłavyja API;
Vyniatok dla małoj kolkaści systemnych vyklikaŭ
- 2 Factotum i mocna madyfikavanaja model DAC;
Zirni <https://9fans.github.io/plan9port/man/man4/factotum.html>
- 3 Sukupnaść «CPU Servers» i «File Servers» zamiast «klasyčnaj» instalacyji asobniku apieracyjnaj systemy.

Čym jašče admietnyja Plan9 i Inferno:

- 1 rc; Alternatyva UNIX Shell
- 2 ria; Reimplementacyja 8 $\frac{1}{2}$
- 3 plumber; IPC
- 4 «file server» jak architekturny patern;
- 5 stos systemnych utylitaŭ blizki da Coreutils ci BusyBox;
- 6 Acme – jak IDE;
- 7 UTF-8 – usiudy;
- 8 C, Alef, Limbo, Go;
- 9 Namespaces;
- 10 Hieterahiennaść;

Dadatkovyja zaŭvahi:

- 9front, 9legacy – dystributyvy Plan9
- PlanB – fork Plan9. Kanceptualny tupik
- Inferno – Plan9-base AS. Pačynałasia jak adhalinavańnie ad Plan9, ale zaraz samastojnaja AS

Plan9 i Inferno

- «UNIX 2.0» pašla pracy nad pamytkami, najpierś architekturnymi;

- «UNIX 2.0» pašla pracy nad pamytkami, najpierś architekturnymi;
- Stend dla akademičnych daśledawańniaŭ, placoŭka dla adpracoŭki novych idejaŭ;

- «UNIX 2.0» pašla pracy nad pamytkami, najpierś architekturnymi;
- Stend dla akademičnych daśledawańniaŭ, placoŭka dla adpracoŭki novych idejaŭ;
- Krynica konceptaŭ, idejaŭ i razviazańniaŭ;

- «UNIX 2.0» pašla pracy nad pamytkami, najpierś architekturnymi;
- Stend dla akademičnych daśledawańniaŭ, placoŭka dla adpracoŭki novych idejaŭ;
- Krynica konceptaŭ, idejaŭ i razviazańniaŭ;
- Platforma dla IoT, «edge computing» dy padobnych systemaŭ;
- «Optyka» praz jakuju bačna jak mohli vyhladać razviazańni dla raźmierkavanych systemaŭ;
- Ilustracyja dla vystoŭja «Dobraje vorah lepšaha»;
- ...

The End

Dziakuju za ŭvahu!
Pytańni,
pahrozy,
abrazy,
prapanovy,
zaŭvahi,
padziaki

mail: kulak@itg.by
ph./telegram: +375-29-275-10-78