Siete, TCP/IP, smerovanie a adresácia I.

Mgr. Dan Keder <keder@fi.muni.cz>

Centrum výpočetní techniky
Fakulta informatiky
Masarykova univerzita

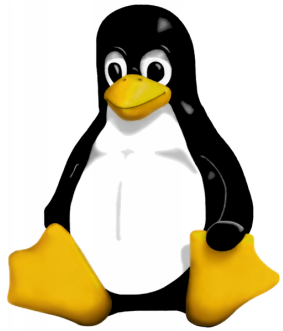
22. september 2010

Obsah

1. ISO/OSI model
   - Fyzická vrstva a vrstva dátového spoja
   - Sieťová vrstva
   - Transportná vrstva
   - Relačná vrstva
   - Prezentačná vrstva
   - Aplikačná vrstva
2. Protokoly a služby
   - Automatická konfigurácia siete
   - DNS
   - Vzdialený prístup

Úvod

- Prehľad rôznych sieťových protokolov a služieb v kontexte počítačovej siete FI
- Internet nie je modrá ikonka v tvare písmena *e*, ktorú možno máte na ploche
- Väčšinu prezentovaných vecí si môžete vyskúšať v Linuxe či v inom podobnom systéme



História Internetu

- ARPANET (Advanced Research Project Agency Network)
  - Projekt financovaný Ministerstvom obrany USA, 1969
  - Nový koncept – zasielanie dátových paketov
  - Distribuovaná architektúra – pri výpadku niektorých uzlov zbytok siete stále funguje
- Internet – "Network of networks"

ISO/OSI model
Open System Interconnection Reference Model

1 ISO/OSI model
- Fyzická vrstva a vrstva dátového spoja
- Sieťová vrstva
- Transportná vrstva
- Relačná vrstva
- Prezentačná vrstva
- Aplikačná vrstva

2 Protokoly a služby

ISO/OSI model

Open System Interconnection Reference Model

- Model popisujúci spôsob návrhu sieťových protokolov
- Teoretický model, vrstevnatá architektúra (protocol stack)
- ISO štandard
- Nižšie vrstvy poskytujú služby vyšším vrstvám
- Skutočné sieťové protokoly sa protokoly môžu prekrývať s viacerými vrstvami ISO/OSI modelu

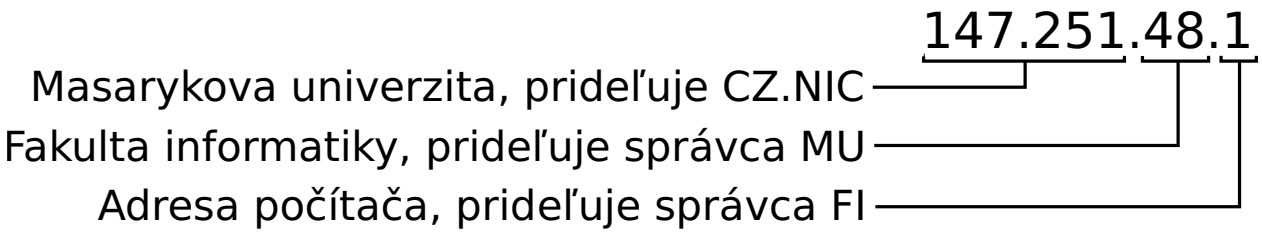
7	Aplikačná vrstva
6	Prezentačná vrstva
5	Relačná vrstva
4	Transportná vrstva
3	Sieťová vrstva
2	Vrstva dátového spoja
1	Fyzická vrstva

Fyzická vrstva a vrstva dátového spoja
Physical Layer & Data Link Layer

- Fyzická vrstva – fyzické prepojenie HW zariadení
- Vrstva dátového spoja – prenos dát v rámci jedného sieťového segmentu
- 802.3 – Ethernet, 802.11abgn – Wifi, ...
- Každé zariadenie má priradenú MAC adresu (Media access control)
  - 6 bajtov: `01:00:0a:13:0b:05`
  - v Linuxe: `ifconfig -a`
- ARP (Address resolution protocol)
  - preklad IP adresy na MAC adresu
  - v Linuxe: `arp -a`
- Preposielanie paketov na základe MAC adresy – **switching**

Sieťová vrstva
Network Layer

- Umožňuje komunikáciu medzi viacerými sieťovými segmentami
- IP – Internet Protocol, ICMP
- Prenášané informácie sú delené na **pakety** (datagramy)
  - hlavička paketu, prenášané dáta
- Pakety sa môžu strácať, doručovať v rôznom poradí...
  - Ošetrujú protokoly na vyšších vrstvách
  - Niekedy malé výpadky nevadia (napr. počítačové hry, multimédiá)
- Adresovanie pomocou IP adries (IPv4)
  - 32bitové číslo (4 bajty)
  - IP adresy prideľuje NIC (Network Information Center)
  - Už dlho hrozí vyčerpanie IP adries $\Rightarrow$ NAT, IPv6



Sieťová vrstva – IP adresa
Network Layer

- IP adresa má 2 časti: adresa siete, adresa počítača
- Triedy IP adries:
  - Formát adresy: N – adresa siete, h – adresa počítača

Trieda	**Prvý bajt adresy**	**Formát adresy**
A	0 - 127	N.h.h.h
B	128 - 191	N.N.h.h
C	192 - 223	N.N.N.h

- Triedy nestačia ⇒ CIDR (Classless Inter-domain Routing)
  - dĺžka sieťového prefixu ľubovoľná
  - napr. 10.0.0.0/14
- Privátne adresy – nesmú sa smerovať do Internetu
  - 10.0.0.0/8, 172.16.0.0/16, 192.168.0.0/24
  - V každej triede adries jeden rozsah privátnych adries

Sieťová vrstva – Smerovanie
Network Layer

- Smerovanie – hľadanie cesty v sieti
- IP adresa, maska siete, router
- Smerovacia tabuľka:

Sieť	**Router**	**Maska siete**	**Rozhranie**
147.251.48.0	0.0.0.0	255.255.255.0	eth0
0.0.0.0	147.251.48.14	0.0.0.0	eth0

- v Linuxe: `route`
- Smerovanie: statické, dynamické (BGP, OSPF...)
- Problémy: existencia viacerých ciest, zacyklenie paketov, straty paketov, ...

Transportná vrstva
Transport layer

- Protokoly: TCP (Transmission Control Protocol), UDP (User Datagram Protocol)
- Fungujú nad IP, zavádzajú **porty**
  - well-known porty (80: http, 443: https, . . .)
  - v Linuxe: `/etc/services`
- Zaisťujú integritu dát
- UDP jednoduchšie, nezaručuje spoľahlivý prenos dát – pakety sa môžu cestou stratiť
- TCP zaisťuje spoľahlivý prenos dát
  - retransmisia stratených paketov
  - zahodenie duplicitných paketov
  - kontrola zahltenia siete
- v TCP sa uzatvára 2-bodové **spojenie** (three-way handshake)

Relačná vrstva
Session Layer

- Správa relácie (session) medzi koncovými procesmi
- SIP – Session Initiation Protocol, používa sa u VoIP
  - Signalizačný protokol, RFC 3261
  - Stará sa o registráciu klientov, nadväzovanie, správu a ukončenie telefonického (VoIP) hovoru
  - Cestujúci užívateľ môže mať každú chvíľu inú IP adresu, ale musí byť dostupný pod jedným telefónnym číslom
  - Na vlastný prenos hlasových dát sa používa iný protokol (RTP)

Prezentačná vrstva
Presentation Layer

- Spracovanie dát, kódovanie, šifrovanie, . . .
- Protokoly: SSL, TLS, MIME
- Zasahujú sem i niektoré aplikačné protokoly (HTTP)

TLS, SSL

Transport Layer Security, Secure Sockets Layer

- Kryptografické protokoly, ktoré zabezpečujú prenos dát sieťou
- TLS (RFC 5246) je nástupcom SSL
- Zabraňujú odpočúvaniu a podvrhovaniu prenášaných dát
- Založené na asymetrickej kryptografii
  - PKI (Public Key Infrastructure), certifikáty
  - Klient musí dôverovať certifikačnej autorite, ktorá podpisuje certifikáty
- Bežne sa používa napr. v spojení s HTTP, POP3, IMAP
- Kontrolujte certifikáty – ak server poslal podvrhnutý certifikát, dáta posielate niekomu inému, než si myslíte

Aplikačná vrstva
Application Layer

- Veľké množstvo protokolov a služieb
- Protokoly konkrétnych aplikácií
- Web: HTTP
- Pošta: SMTP, POP3, IMAP
- Prenos súborov: FTP, rsync
- Vzdialený prístup: telnet, SSH
- Adresárové služby: LDAP
- ...

Služby a protokoly

1 ISO/OSI model

2 Protokoly a služby
- Automatická konfigurácia siete
- DNS
- Vzdialený prístup

BOOTP
Bootstrap protocol

- RFC 951, 1533, 1542
- Jednoduchý protokol pre pridelenie IP adresy klientovi
- Bezdiskové stanice, automatické inštalácie OS
- Nutná podpora vo firmware sieťovej karty
- UDP, porty 67 (server) a 68 (klient), správy `BOOTREQUEST` a `BOOTREPLY`

DHCP
Dynamic Host Configuration Protocol

- RFC 2131, 3132
- Rozširuje možnosti BOOTP, spätná kompatibilita s BOOTP
- Klientovi umožňuje nastaviť sieťové rozhranie
- Adresy sa prideľujú na základe MAC adresy alebo dynamicky z určitého rozsahu; klientom sa po určitý čas rezervuje naposledy pridelená adresa
- Správy `DHCP Discover`, `Offer`, `Request`, `Acknowledge`, `Release`

DNS
Domain Name System

- Problém: Ako si zapamätať zložité IP adresy?
  - Zaviesť "názvy IP adries"
- Problém 2: Ako udržovať mapovanie *názov – IP adresa* aktuálne?
  - `/etc/hosts` nestačí (veľké množstvo dát)
  - DNS
- DNS zavádza do doménových názvov hierarchiu, zmena na jednom stupni nevynucuje zmenu na ostatných stupňoch
  - `www.fi.muni.cz`
  - TLD (Top Level Domain) – názvy domén najvyššieho rádu (cz, sk, com, ...), požiadavky na ne obsluhujú tzv. koreňové nameservery
  - domény nižších rádov majú svojich vlastných správcov

DNS
Domain Name System

- DNS záznamy organizované v "zónach"
- Typy DNS záznamov
  - `SOA` – start of authority, na začiatku zónového súboru
  - `A` – preklad názvu na IPv4 adresu
  - `AAAA` – preklad názvu na IPv6 adresu
  - `PTR` – reverzný záznam (IP adresa na názov)
  - `NS` – adresa nameserveru
  - `MX` – adresa mailserveru
  - `SRV`, `TXT`, ...
- TTL záznamu (Time to live)
  - pre neexistujúce záznamy *negatívne TTL*

DNS
Domain Name System

- Typy nameserverov
  - primárny nameserver
  - sekundárny nameserver – záloha primárneho serveru, synchronizuje sa s primárnym nameserverom
  - cache-only nameserver – neautoritatívny server, slúži na zníženie záťaže
- BIND (Berkeley Internet Name Domain Service)
  - named - proces v UNIXu zaisťujúci transformáciu adries v doménovom tvare na IP adresy
- Na strane klienta – resolver, pre aplikácie je komunikácia s DNS serverom transparentná
  - v Linuxe: `/etc/resolv.conf`
  - obsahuje informácie, do akej domény počítač patrí, adresy nameserverov, ...

Telnet
Teletype network

- Telnet sa pôvodne používal na vzdialené prihlasovanie k príkazovému riadku počítača (shellu)
- Nie je bezpečný – všetky dáta sa posielajú po sieti nezabezpečené (i heslá)
- Dnes je telnet užitočný na skúšanie alebo ladenie sieťových služieb a protokolov, ktoré majú človekom čitateľný formát (t.j. text)
- Port 21, ale je možné špecifikovať ľubovoľný port, na ktorý sa má pripojiť

Telnet – príklad

Teletype network

```
$ telnet www.fi.muni.cz 80
Trying 147.251.48.1...
Connected to www.fi.muni.cz.
Escape character is '^]'.
HEAD / HTTP-1.1

HTTP/1.1 200 OK
Date: Tue, 22 Sep 2009 10:43:00 GMT
Server: Apache
Content-Location: index.xhtml.cs
Vary: negotiate,accept-language
TCN: choice
Last-Modified: Tue, 22 Sep 2009 08:47:46 GMT
ETag: "2d77a05-32f7-a6fcb080"
Accept-Ranges: bytes
Content-Length: 13047
Connection: close
Content-Type: text/html; charset=UTF-8
Content-Language: cs

Connection closed by foreign host.
```

SSH
Secure Shell

- RFC 4250 až 4256
- SSH je protokol, ktorý umožňuje bezpečnú komunikáciu v sieti medzi dvoma počítačmi
  - Zabezpečuje **dôvernosť** a **integritu** dát
- Hybridný kryptosystém
  - používa asymetrickú kryptografiu k overeniu totožnosti oboch účastníkov
  - používa symetrickú kryptografiu na šifrovanie prenášaných dát
- Dve verzie:
  - v1: moc sa nepoužíva, známe bezpečnostné chyby
  - v2: používa sa dnes, má čistejšiu architektúru než v1 (spojová, autentizačná a transportná vrstva), podpora silnejších šifier
- Najpoužívanejšia implementácia: OpenSSH

SSH
Vlastnosti

- Server počúva na TCP porte 22
- Metódy autentizácie:
  - "password" – jednoduché overenie hesla
  - "publickey" – privátny + verejný kľúč
  - "keyboard-interactive" – server posiela klientovi výzvy na zadanie autentizačných údajov
  - GSSAPI – autentizácia pomocou Kerbera
- Šifrovacie algoritmy:
  - 3DES, RC4, AES, Blowfish, CAST
- Vzájomná dohoda na metóde autentizácie a šifrovacom algoritme

- Umožňujú prihlasovanie na vzdialené počítače "bez hesla"
- Asymetrická kryptografia – privátny a verejný kľúč
- Vytvorenie kľúča:

```
$ ssh-keygen -t dsa
```

- Privátny kľúč uložený väčšinou ako `~/.ssh/id_dsa`, verejný `~/.ssh/id_dsa.pub`
- Zoznam **verejných** kľúčov oprávnených prihlásiť sa v súbore `~/.ssh/authorized_keys`
- Možnosť použiť `ssh-agent(1)` a `ssh-add(1)` k dočasnému zapamätaniu hesiel SSH kľúčov

SSH
Možnosti použitia

- Primárne navrhnuté ako náhrada za `telnet` a `rsh`
  - spúšťanie procesov na vzdialenom počítači
- Široké možnosti použitia
  - synchronizácia súborov a adresárov (v spolupráci s `rsync`)
  - tunelovanie TCP/IP spojení
  - bezpečný X11-forwarding
  - bezpečné pripojenie vzdialeného adresára na lokálny stroj (`sshfs`)
  - ...

- Triviálny príklad

```
$ ssh user@server.example.com
```

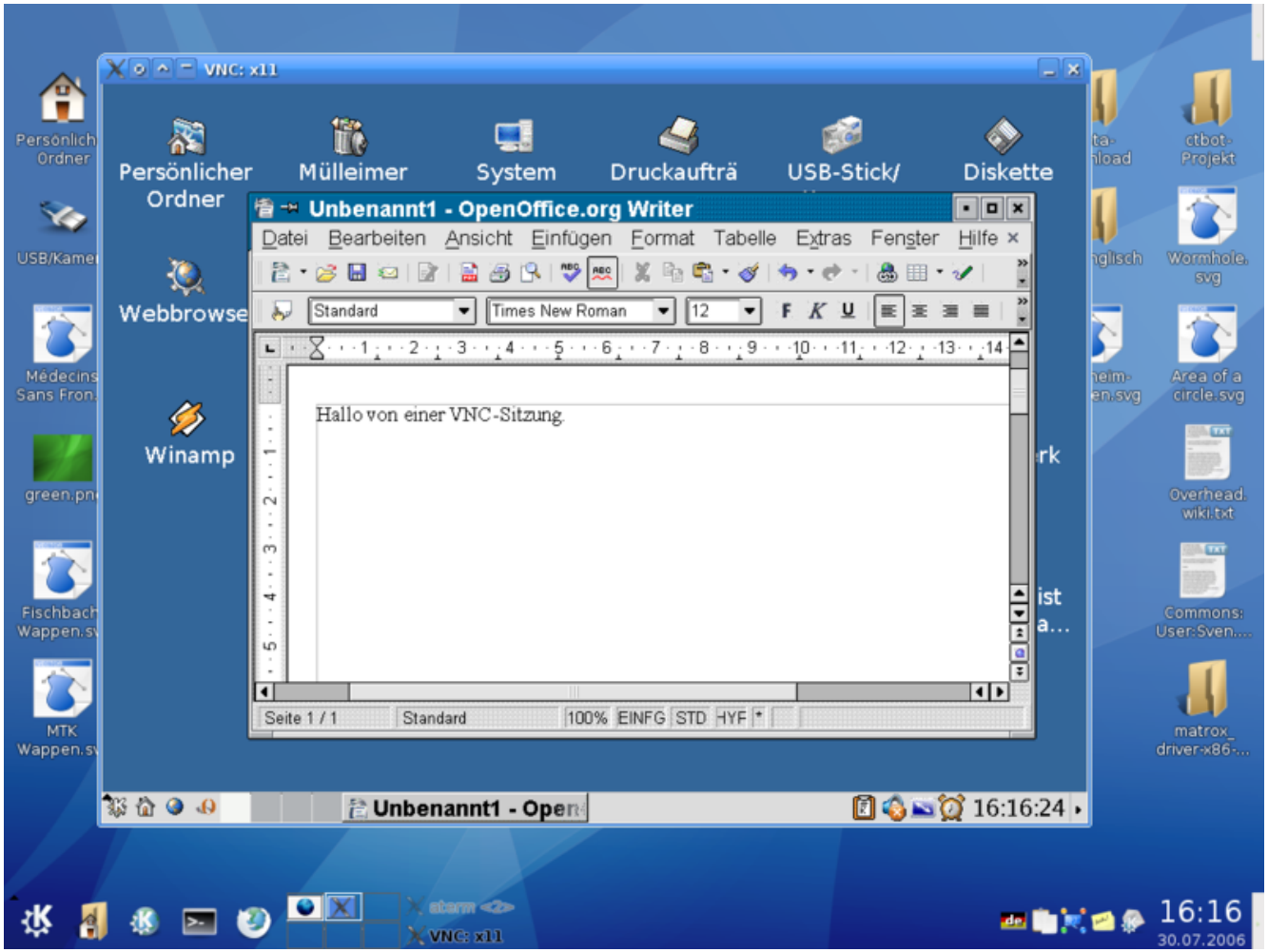
- X11 Forwarding

```
$ ssh -X -f user@server.example.com xclock
```

- Tunelovanie TCP spojení

```
$ ssh -f -L 1234:localhost:6667 \
      server.example.com -N
$ irc -c '#users' -p 1234 pinky localhost
```

VNC
Virtual Network Computing I.



VNC
Virtual Network Computing II.

- Umožňuje vzdialené ovládanie počítača v grafickom móde
  - "Vzdialená pracovná plocha"
- Nezávislé na platforme
- Dve súčasti
  - server – periodicky posiela klientovi časti obrazovky, ktoré sa zmenili (ako bitmapu)
  - klient (viewer) – zobrazuje u užívateľa pracovnú plochu vzdialeného počítača, zasiela serveru udalosti (myš, klávesnica)
- Efektívny prenos prenášaných dát – podpora rôznych kódovaní

VNC
Virtual Network Computing III.

- TCP porty 5900 – 5906
- Nezabezpečený protokol, tunelovanie cez SSH
- Použitie
  - náhrada X11 forwardingu – lepší výkon v pomalej sieti
  - virtualizácia – prístup na bežiaci virtuálny stroj
  - možnosť pripojiť sa k existujúcemu X11 sedeniu (x11vnc)
  - ...
- Implementácie: x11vnc, tightvnc, Apple Remote Desktop

Pokračovanie nabudúce

Kde hľadať ďalšie informácie

- Warriors of the Net
  - `http://www.warriorsofthe.net/movie.html`
- Repozitár RFC dokumentov
  - `http://tools.ietf.org/html/`
- Manuálové stránky a dokumentácia k programom
- Google, Wikipedia

Koniec