Komunikacijski protokoli in omrežna varnost

Uvod in ponovitev osnov predmeta

1

1

Komunikacijski protokoli in omrežna varnost

- **Profesor:**
  dr. Andrej Brodnik
- **Asistent:**
  as. dr. Aleks Huč
  as. dr. Gašper Fele Žorž
- Izvedba predmeta:
  - 3 ure predavanj - 2 dela, 2 uri laboratorijskih vaj tedensko
  - kontakt: e-mail, govorilne ure, forum na strani predmeta

2

2

Vsebina predmeta

- ponovitev osnov računalniških komunikacij (ISO/OSI, TCP/IP, protokoli, storitve, varnost),
- zagon stroja
- nadzor in upravljanje omrežij,
- razpošiljanje (*multicasting*),
- aplikacije v stvarnem času,
- varnost: overovljenje, avtorizacija, beleženje, varni prenosi, VPN, certificiranje, požarni zidovi, IDS sistemi,
- podatki za delovanje omrežja, LDAP,
- IEEE 802.

3

3

Vsebina predmeta - okvirni načrt

teden datum	#	predavanja	#	DN oddaja	LN oddaja	vaje tema
02. 10. 2023	1	Uvod v predmet	1			
09. 10. 2023	2	Zagon stroja	1			VirtualBox, KPOV Judge
16. 10. 2023	3	Nadzor in upravljanje omrežij	1	26. 10. 2023		Nastavitve mreže
23. 10. 2023	4	Promet za aplikacije v stvarnem času	2			ineld
30. 10. 2023	5	Razpošiljanje	2			DHCP
06. 11. 2023	6	Razpošiljanje	2	16. 11. 2023		NFS, zagon Linux
13. 11. 2023	7	Vamostni elementi omrežij	3			SNMP
20. 11. 2023	8	***KOLOKVIJ 1***			24. 11. 2023	Čas po mreži
27. 11. 2023	9	Overovljenje, avtorizacija, beleženje (AAA)	3			VLC
04. 12. 2023	10	Overovljenje, avtorizacija, beleženje (AAA)	3, 4	21. 12. 2023		VPN – preprost
11. 12. 2023	11	Podatki za delovanje omrežja (LDAP)	4			VPN, CA
18. 12. 2023	12	Družina IEEE 802	4	04. 01. 2024		Netfilter
25. 12. 2023	13	Božično novoletni prazniki				LDAP, fusiondirectory
01. 01. 2024	14	vabljeno predavanje				LDAP, PAM, nsswitch
08. 01. 2024	15	***KOLOKVIJ 2***			12. 01. 2024	Radius

Predavanja so ob petkih, datum pa je ponedeljek v tednu.
DN se tudi oddajajo v četrtek do polnoči.
LN se odda v petek do polnoči.

4

4

Obveznosti predmeta

Končna ocena (≥50):

- 4 domače naloge: 20%
- laboratorijski nalogi 40%
- ~~pisni izpit ali 2 kolokvija:~~ ~~40%~~

100%

Obveznosti:

- domače naloge ≥ 40, vsaka domača naloga ≥ 20
- laboratorijski nalogi ≥ 40, vsaka laboratorijska naloga ≥ 20
- pisni izpit ≥ 50, vsak od kolokvijev ≥ 40
- *(KPOV judge)*
- DNo in DNn

5

5

KPOV judge

Obrnjena učilnici:

- za (skoraj) vsake vaje je pripravljena predpriprava
- rešite in oddate preko spleta **pred** vajami
- oceni se samodejno

6

6

Obveznosti predmeta

Pri oceni se še upošteva:

- dopolnjevanje RFCjev
- sodelovanje na forumih
- pomoč kolegom
- priprava sledi protokolov
- ...

8

8

Literatura

- J. F. Kurose, K. W. Ross: Computer Networking, 5th edition, Addison-Wesley, 2010.
- A. Farrel: The Internet and Its Protocols: A Comparative Approach, Morgan Kaufmann, 2004.
- E. Cole: Network Security Bible, Wiley, 2nd edition, 2009.
- Mani Subramanian: Network Management: An introduction to principles and practice, Addison Wesley Longman, 2000
- RFCji
- ...

10

10

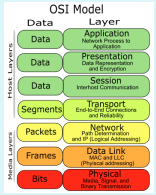
Ponovitev osnov računalniških komunikacij

11

11

ISO/OSI model

- model vsebuje 7 plasti, ki definirajo sloje sorodnih funkcij komunikacijskega sistema



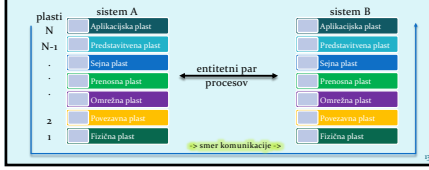
aplikacijska plast
predstavitvena plast
sejna plast
transportna plast
omrežna plast
povezavna plast
fizična plast

12

12

ISO/OSI model

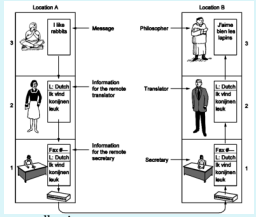
- plast N nudi storitve (streže) plasti N+1
- plast N zahteva storitve (odjema) od plasti N-1,
- protokol: pravila komuniciranja med istoležnima procesoma,
- entitetni par: par procesov, ki komunicira na isti plasti



13

13

Analogija: pogovor med dvema filozofoma



- Zakaj plasti?
  - sistematična zasnova zgradbe sistema,
  - sprememba implementacije dela sistema je neodvisna od ostalega sistema

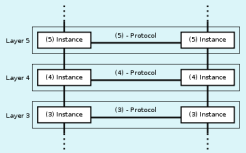
14

14

ISO/OSI model

In še drugače:

- vsaka plast ima svoje protokole (= jezik, s katerim se pogovarja istoležni entitetni par procesov),
- protokoli so specifični za storitve, ki jih plast zagotavlja.

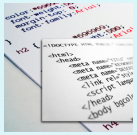


15

15

OSI plasti: podrobneje

- **Aplikacijska plast**
  - najbližja uporabniku,
  - omogoča interakcijo aplikacije z omrežnimi storitvami,
  - standardne storitve: telnet, FTP, SMTP, SNMP, HTTP



16

16

OSI plasti

- **Predstavitvena plast**
  - določa pomen podatkov med entitetnima paroma aplikacijske plasti,
  - sintaksa in semantika,
  - določa kodiranje, kompresijo podatkov, varnostne mehanizme
- **Sejna plast**
  - nadzor pogovora (množice povezav) med aplikacijama,
  - logično povezovanje med aplikacijami,
  - običajno vgrajena v aplikacije.

17

17

OSI plasti

- **Transportna plast** (enota: SEGMENT)
  - učinkovit, zanesljiv in transparenten prenos podatkov med uporabnikoma; te storitve zagotavlja višjim plastem,
  - mehanizmi: kontrola pretoka, segmentacija, kontrola napak,
  - povezavni, nepovezavni prenosi,
  - TCP, UDP, IPSec, GRE, L2TP, PPP

18

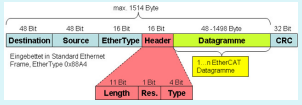
OSI plasti

- **Omrežna plast** (enota: PAKET)
  - usmerjanje (povezavne in nepovezavne storitve)
  - prenos paketov od izvornega do ciljnega računalnika,
  - lahko zagotavlja: zagotovljeno dostavo, pravilno zaporedje, fragmentacijo, izogibanje zamašitvam,
  - usmerjanje, usmerjevalniki, usmerjevalni algoritmi,
  - protokoli: IP, ICMP, IPSec, IGMP, IPX

19

OSI plasti

- **Povezavna plast** (enota: OKVIR)
  - asinhrona/sinhrona komunikacija,
  - fizično naslavljanje: npr MAC naslov,
  - zaznavanje in odpravljanje napak (pariteta, CRC, checksum)
  - kontrola pretoka, okvirjanje
  - protokoli: Ethernet, PPP, Frame Relay



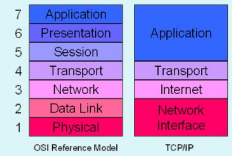
20

OSI plasti

- **Fizična plast**
  - prenos bitov po kanalu (baker/optika/brezžično),
  - digitalni, analogni medij,
  - UTP, optika, koaksialni kabli, brezžična omrežja,
  - RS-232, T1, E1, 802.11b/g, USB, Bluetooth

21

OSI model in model TCP/IP

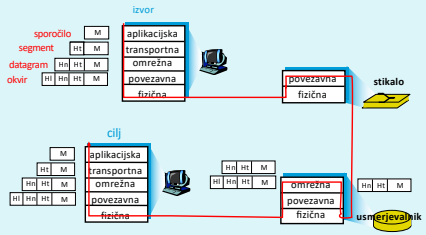


Primerjava modelov:

- ISO OSI: **de iure**, teoretičen, sistematičen, pomanjkanje implementacij (izdelkov),
- TCP/IP: **de facto**, prilagodljiv, nesistematičen, fleksibilen, veliko izdelkov

22

Enkapsulacija



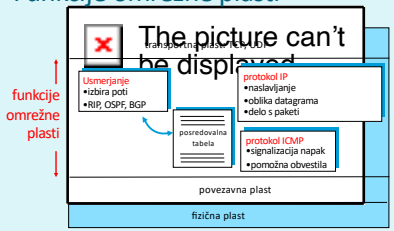
23

Omrežna in transportna plast: podrobneje

24

24

Omrežna plast: Funkcije omrežne plasti

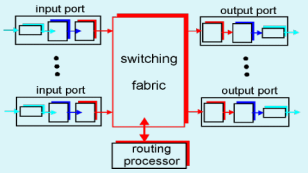


25

25

Omrežna plast: Usmerjevalniki

- uporaba usmerjevalnih (*routing*) protokolov (RIP, OSPF, BGP)
- posredovanje *(forwarding)* datagramov med vhodnimi in izhodnimi vrati

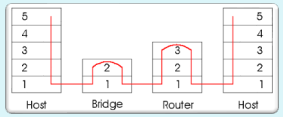


26

26

Omrežna plast:
Primerjava aktivne opreme

- **usmerjevalnik (router):**
  - naprava, ki deluje na OMREŽNI plasti
  - vzdržujejo usmerjevalne tabele, izvajajo usmerjevalne algoritme,
- **stikalo (switch):**
  - naprava, ki deluje na POVEZAVNI plasti,
  - vzdržujejo tabele za preklapljanje, izvajajo filtriranje in odkrivanje omrežja
- **povezovalnik (hub):**
  - naprava, ki deluje na fizični plasti, danes niso več v rabi



27

27

Omrežna plast:
IPv4

- protokol na omrežni (3.) plasti OSI modela
- **IPv4 naslov** je 32 bitni naslov vmesnika. Primer:
  11000001 00000010 00000001 01000010
  ali
  193.2.1.66

- **Podomrežja** je množica IP naslovov, ki so med seboj dosegljivi brez posredovanja usmerjevalnika. Maska (32 bitov) določa del IP naslova, ki predstavlja naslov podomrežja. Primer:
  11111111 11111111 11110000 00000000 (255.255.255.240) pomeni, da prvih 20 bitov IP naslova predstavlja naslov omrežja, preostalih 12 pa naslov vmesnika.

28

28

Omrežna plast:
Vaja!

- Podana sta IP naslov nekega vmesnika in maska podomrežja:

  193.90.230.25 /20

  Kakšen je naslov podomrežja?

  Kakšen je naslov vmesnika?

29

29

Omrežna plast:
IPv6

- **Prednosti**:
  - večji naslovni prostor: 128 bitov
  - hitro usmerjanje in posredovanje ter QoS omogoča že format glave, fragmentacije ni,
  - implementacija IPSec znotraj IPv6 obvezna.
- **Naslov**: sestavljen iz 64 bitov za ID podomrežja + 64 bitov za ID vmesnika

```
0010000111011010 0000000011010011 0000000000000000 0010111100111011
0000001010101010 0000000011111111 1111111000101000 1001110001011010
```

Zapisan šestnajstiško, ločeno z dvopičji

```
21DA:00D3:0000:0000:02AA:00FF:FE28:9C5A
```
ali (brez vodilnih ničel)

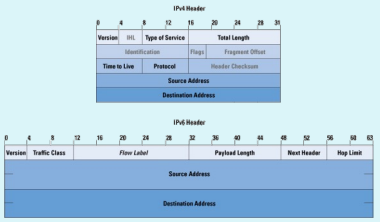
```
21DA:D3:0:0:2AA:FF:FE28:9C5A
```
ali (izpustimo bloke ničel)

```
21DA:D3::2AA:FF:FE28:9C5A
```

30

30

Omrežna plast:
Primerjava IPv4 in IPv6



31

31

Omrežna plast:
IPv6 - načini naslavljanja

- **UNICAST:**
  naslavljanje posameznega omrežnega vmesnika
- **MULTICAST:**
  naslavljanje skupine omrežnih vmesnikov, dostava vsem vmesnikom v množici
- **ANYCAST:**
  je naslov množice vmesnikov, dostava se izvede enemu (najbližjemu?) vmesniku iz te množice

Vsak vmesnik ima lahko več naslovov različnih tipov.
(BROADCAST naslovov - v IPv6 ni več!)

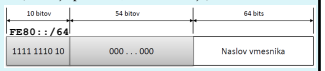
32

32

Omrežna plast:
IPv6 - vrste unicast naslovov

1.) **globalni unicast** (= javni naslovi)

2.) **povratni naslovi** (localhost ::1, nedefiniran o::o, IPv4 naslovi)
3.) **link-local naslovi** (znotraj 1 povezave, adhoc omrežja)



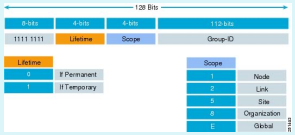
4.) **site-local** (=privatni naslovi, znotraj org., se ne usmerjajo, `FEC0::/10`)
5.) **unique local** (=zasebni naslovi, dodeli registrar, znotraj org. se ne usmerjajo, so bolje strukturirani, `FC00::/7`)

33

33

Omrežna plast:
IPv6 – razpošiljanje (*multicast*)

1.) FF02::1 (link local: vsi VMESNIKI)
2.) FF02::2 (link local: vsi USMERJEVALNIKI)
3.) Struktura naslova:



34

34

Omrežna plast:
IPv6 v omrežjih IPv4

1.) **dvojni sklad (dual stack)** usmerjevalniki poznajo IPv4 in IPv6. Z možnimi govori IPv6, z ostalimi pa IPv4.
2.) **tunelinga** IPv6 paket zapakiramo v enega ali več IPv4 paketov kot podatke.

35

35

Omrežna plast:
Usmerjanje

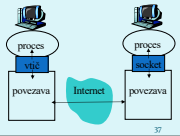
- **NAČINI**
  - statično / dinamično (upoštevanje razmer v omrežju)
  - centralizirano / porazdeljeno (glede na poznavanje stanja celega omrežja)
  - po eni poti / po več poteh
- **IMPLEMENTACIJE:**
  - z vektorjem razdalj (RIP, IGRP, EIGRP)
  - glede na stanje omrežja (OSPF, IS-IS)

36

36

Transportna plast:
Funkcionalnosti

- **Naloga**:
  - Sprejem sporočila od aplikacije
  - Sestavljenje segmentov v sporočilo za omrežno plast
  - Predaja aplikacijski plasti
- **Vtič**
  - vmesnik med transportno in aplikacijsko plastjo,
  - proces naslovimo z IP številko in številko vrat (www: 80, SMTP: 25, DNS: 53, POP3: 110).



37

37

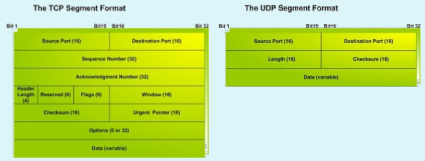
Transportna plast:
Povezavno in nepovezavno

- **Povezavna in nepovezavna komunikacija**
  - TCP in UDP; ter ostali protokoli
  - vzpostavitev, **prenos**, podiranje – povezave
- **Potrjevanje**
  - v protokolu (TCP)
  - v aplikaciji (UDP)
  - neposredno (ACK in NACK)
  - posredno (samo ACK, sklepamo na podlagi številk paketov)
  - sprotno potrjevanje: naslednji paket se pošlje šele po prejemu potrditve
  - tekoče pošiljanje: ne čaka se na potrditve.

38

38

Transportna plast:
TCP in UDP



39

39

Aplikacijska plast:

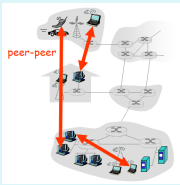
- **Klasične storitve – odjemalec-strežnik:**
  - telnet, ssh; rdesktop
  - ftp, sftp
  - WWW in HTTP,
  - SMTP, POP3, IMAP, MAPI
  - DNS,
  - SNMP, LDAP, RADIUS, ...
  - ...

40

40

Aplikacijska plast:

- **Novejše storitve – P2P:**
  - komunikacija poljubnih dveh končnih sistemov,
  - strežniki niso nenehno prižgani,
  - prekinjene povezave / spremembe IP naslovov,
  - primeri: BitTorrent, Skype



41

41

Omrežna in transportna plast:
Iz preteklosti za prihodnost

- **Problem**: pomanjkanje IPv4 naslovov
  - izkoristek zasebnih naslovnih prostorov
  - NAT prehodi – običajno hkrati požarni zidovi
  - preprosto v odjemalec-strežnik sistemih
  - v P2P potrebujemo preslikovalni naslov v zunanjem svetu
- V IPv6 NAT prehodi niso potrebni

42

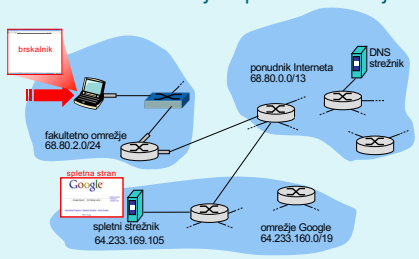
42

Primer komunikacije

43

43

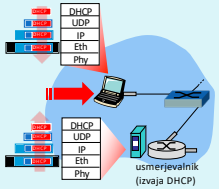
Primer komunikacije: spletno brskanje



44

44

Primer komunikacije: spletno brskanje

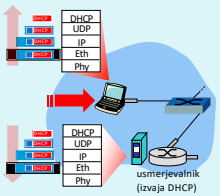


- notesnik ob priklopu na omrežje potrebuje **IP naslov** in podatke prehoda ter DNS strežnika: uporabi torej **DHCP**,
- zahteva DHCP se **enkapsulira**: UDP -> IP -> 802.1 Ethernet
- ethernet okvir se **odda** (*broadcast*) na omrežje, prejme ga usmerjevalnik, ki opravlja nalogo DHCP strežnika
- DHCP strežnik **prebere** vsebino DHCP zahteve

45

45

Primer komunikacije: spletno brskanje

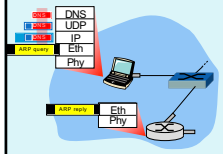


- DHCP strežnik odgovori odjemalcu (notesniku) s paketom **DHCP ACK**, ki vsebuje njegov IP naslov ter naslove prehoda in DNS strežnika,
- odgovor **enkapsulira** DHCP strežnik (usmerjevalnik) in ga posreduje odjemalcu, ki ga **dekapsulira**,
- DHCP odjemalec dobi odgovor DHCP ACK,
- rezultat: odjemalec je pripravljen na komunikacijo.

46

46

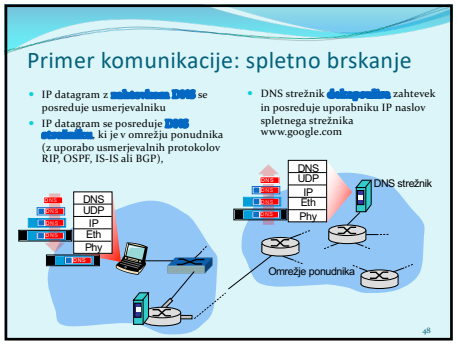
Primer komunikacije: spletno brskanje



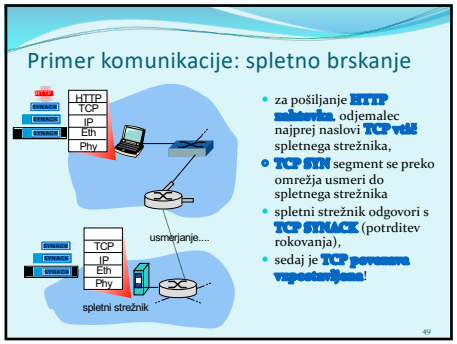
- pred pošiljanjem zahtevka HTTP, potrebujemo IP naslov strežnika www.google.com: **sporočil DNS**,
- enkapsulacija zahtevka DNS: UDP -> IP -> Ethernet. Potrebujemo MAC naslov usmerjevalnika: **sporočil ARP**
- razpošljemo **zahtevek ARP**, usmerjevalnik odgovori z **ARP odgovorom**, ki hrani njegov MAC naslov,
- klient sedaj pozna MAC naslov prehoda, ki mu lahko **pošlje DNS zahtevek**.

47

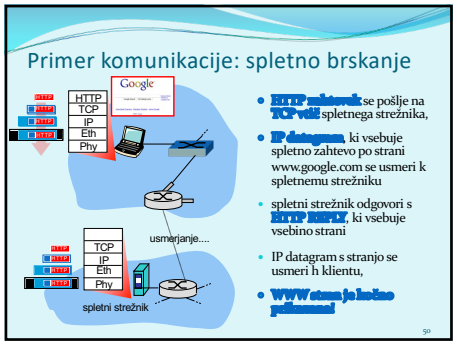
47


Primer komunikacije: spletno brskanje
IP datagram z zahtevkom DNS se posreduje usmerjevalniku
IP datagram se posreduje DNS strežniku, ki je v omrežju ponudnika (z uporabo usmerjevalnih protokolov RIP, OSPF, IS-IS ali BGP),
DNS strežnik odstopa zahtevek in posreduje uporabniku IP naslov spletnega strežnika www.google.com
DNS
UDP
IP
Eth
Phy
DNS strežnik
Omrežje ponudnika
48

48

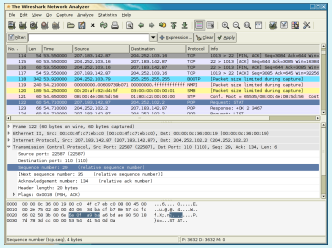

Primer komunikacije: spletno brskanje
HTTP
TCP
IP
Eth
Phy
usmerjanje....
spletni strežnik
za pošiljanje HTTP zahtevka, odjemalec najprej naslovi TCP vtič spletnega strežnika,
TCP SYN segment se preko omrežja usmeri do spletnega strežnika
spletni strežnik odgovori s TCP SYNACK (potrditev rokovanja),
sedaj je TCP povezava vzpostavljena!
49

49


Primer komunikacije: spletno brskanje
Google
HTTP
TCP
IP
Eth
Phy
usmerjanje....
spletni strežnik
HTTP zahtevek se pošlje na TCP vtič spletnega strežnika,
IP datagram, ki vsebuje spletno zahtevo po strani www.google.com se usmeri k spletnemu strežniku
spletni strežnik odgovori s HTTP REPLY, ki vsebuje vsebino strani
IP datagram s stranjo se usmeri h klientu,
WWW stran je končno prikazana!
50

50

Zajem podatkov iz omrežja



51

Zajem podatkov iz omrežja: primer DHCP

wireshark

```
Message type: Boot Request (1)
Hardware type: Ethernet
Hardware address length: 6
Hops: 0
Transaction ID: 0x6b3a11b7
Seconds elapsed: 0
Bootp flags: 0x0000 (Unicast)
Client IP address: 0.0.0.0 (0.0.0.0)
Your (client) IP address: 0.0.0.0 (0.0.0.0)
Next server IP address: 0.0.0.0 (0.0.0.0)
Relay agent IP address: 0.0.0.0 (0.0.0.0)
Client MAC address: Wistron_23:68:8a (00:16:d3:23:68:8a)
Server host name not given
Boot file name not given
Magic cookie: (OK)
Option: (t=53,l=1) DHCP Message Type = DHCP Request
Option: (61) Client identifier
    Length: 7; Value: 010016D323688A;
    Hardware type: Ethernet
    Client MAC address: Wistron_23:68:8a (00:16:d3:23:68:8a)
Option: (t=50,l=4) Requested IP Address = 192.168.1.101
Option: (t=12,l=5) Host Name = "nomad"
Option: (55) Parameter Request List
    Length: 11; Value: 010F03062C2E2F1F21F92B
    1 = Subnet Mask; 15 = Domain Name
    3 = Router; 6 = Domain Name Server
    44 = NetBIOS over TCP/IP Name Server
    ...
```

odprave

```
Message type: Boot Reply (2)
Hardware type: Ethernet
Hardware address length: 6
Hops: 0
Transaction ID: 0x6b3a11b7
Seconds elapsed: 0
Bootp flags: 0x0000 (Unicast)
Client IP address: 192.168.1.101 (192.168.1.101)
Your (client) IP address: 0.0.0.0 (0.0.0.0)
Next server IP address: 192.168.1.1 (192.168.1.1)
Relay agent IP address: 0.0.0.0 (0.0.0.0)
Client MAC address: Wistron_23:68:8a (00:16:d3:23:68:8a)
Server host name not given
Boot file name not given
Magic cookie: (OK)
Option: (t=53,l=1) DHCP Message Type = DHCP ACK
Option: (t=54,l=4) Server Identifier = 192.168.1.1
Option: (t=1,l=4) Subnet Mask = 255.255.255.0
Option: (t=3,l=4) Router = 192.168.1.1
Option: (6) Domain Name Server
    Length: 12; Value: 445747E2445749F244574092;
    IP Address: 68.87.71.226;
    IP Address: 68.87.73.242;
    IP Address: 68.87.64.146
Option: (t=15,l=20) Domain Name = "hsd1.ma.comcast.net."
```

52

Omrežna varnost

53

Omrežna varnost

- **Je področje, ki:**
  - analizira možnosti vdorov v sisteme,
  - načrtuje tehnike obrambe pred napadi,
  - snuje varne arhitekture, ki so odporne pred vdori.
- **Internet ni bil snovan oziroč se na varnost!**
  - *vizija interneta je sprva bila:* „To je skupina ljudi, ki si med seboj zaupajo in je priključena na skupno omrežje"
  - pri izdelavi protokola so ga proizvajalci delali z metodologijo „krpanja",
  - varnostne mehanizme je potrebno upoštevati na vseh plasteh OSI modela.

54

54

Kako lahko vdiralec škoduje sistemu?

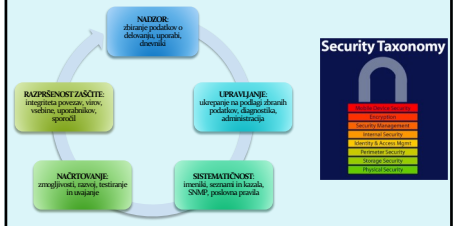
Ima veliko možnih pristopov in tehnik!

- **prisluškovanje:** prestrezanje sporočil,
- aktivno **posegovanje** sporočil v neki komunikaciji,
- **lažna identiteta (*masquerading*):** ponaredi lahko izvorni naslov ali poljubno drugo vsebino paketa,
- **zamenjava povezave (*hijacking*):** odstrani pravega pošiljatelja ali prejemnika iz komunikacije in prevzame njegovo vlogo,
- **onemogočanje uporabe storitve (*denial of service*):** onemogoči uporabo regularne storitve (npr. s tem, da jo preobremeni)

55

55

Varnost: zagotavljanje zanesljivosti



56

56

Elementi varne komunikacije

- **Zaupnost** – kdo sme prebrati? (šifriranje)
- **Overjanje (*authentication*)** – dokaži, da si res ti (identifikacija – povej, kdo si, brez dokaza)
- **Zanesljivost in nadzor dostopa** – preprečevanje nelegitimne rabe virov (*avtorizacija* (*authorization*) – ugotavljanje, ali nekaj smeš storiti, *beleženje* (*accounting*) – kaj je kdo uporabljal)
- **Integriteta sporočila** – je bilo med prenosom spremenjeno?
- **Overjanje izvora sporočila** (*nonrepudiation*) – res si poslal / res si prejel.

- V praksi:
  - požarne pregrade, zaznava vdorov (*intrusion detection*) sistemi,
  - varnost na aplikacijski, transportni, omrežni in povezavni plasti

57

57

Zaupnost sporočil: šifriranje (zakrivanje) vsebine

Je način obrambe pred **pasivnimi** vdiralci (prisluškovalci) in **aktivnimi** vdiralci (ponarejevalci).

Sporočilo **P** **šifriramo** s ključem **E()** - dobimo **kriptogram E(P)**. Kriptogram **E(P)** predelamo v izvorno obliko s ključem **D()**, dobimo izvorno sporočilo **D(E(P))=P**.

Vrste metod:

- **zamenjalne** (substitucijske, menjava znakov) / **izmenjalne** (transpozicijske, vrstni red znakov)
- **simetrične** (**E=D**, npr. DES, AES) / **asimetrične** (**E≠D**, npr. RSA, ECC)

59

59

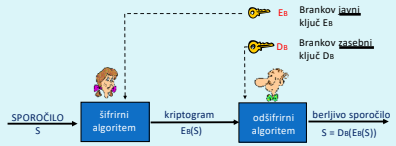
Vrste šifriranje

- Šifriranje uporablja ključe
  - šifrirni algoritem je običajno znan vsem,
  - tajni so le ključi
  - šifriranje: skrivanje vsebine
  - kriptoanaliza („razbijanje" kode)
- Šifriranje z javnimi ključi
  - E() ≠ D(): dva ključa – javni in zasebni
- Simetrično šifriranje
  - E() = D(): samo en ključ
- Zgoščevalne funkcije – ni šifriranje
  - ne uporabljajo ključev. Kako so lahko koristne?

60

60

Šifriranje z javnimi ključi



61

Šifriranje z javnimi ključi

- Algoritmi za šifriranje z javnimi ključi so asimetrični, E= šifrirni ključ, D= odšifrirni ključ, velja $K_E \neq K_D$
- Ključa K_E in K_D morata izpolnjevati naslednje zahteve glede šifriranje sporočila S:
  1. $D(K_D(E(K_E(S)))) = D(K_D(E(K_E(S)))) = S$
  2. Iz znanih S in $K_E(S)$ mora biti nemogoče ugotoviti K_D.
  3. Iz K_E mora biti zelo težko / nemogoče ugotoviti K_D.
- Najbolj znan algoritem je RSA (Rivest, Shamir, Adelman). RSA uporablja velika praštevila za določitev D in E, postopek (od)šifriranja pa je enak računanju ostanka pri deljenju s produktom teh praštevil.

  Problem: distribucija ključev, počasnost.

62

Zakaj je RSA varen?

- Denimo, da poznamo javni ključ neke osebe (določen z dvojico števil (n, e). Za ugotavljanje zasebnega ključa d moramo poznati delitelje števila n. Iskanje deliteljev nekega velikega števila pa je težko ali neizvedljivo z današnjimi računskimi kapacitetami.
- Kako poiskati dovolj velika praštevila?
  - večkrat izvedemo „ugibanje“: generiramo veliko število, nato ga testiramo, ali je praštevilo,
  - za testiranje praštevil obstajajo danes učinkoviti algoritmi.

63

Integriteta

- **Integriteta uporabnika**: dokazuje, (i) kdo je sporočilo poslal (elektronski podpis) in (ii) da sporočilo bere le pravi prejemnik (zakrivanje). **S**, A → B:

  A:: $E_S(D_A(S)) \rightarrow XXX$

  B:: $D_B(XXX) \equiv D_B(E_B[D_A(S)]) \equiv D_A(S) \equiv E_A(D_A(S)) \rightarrow S$

- **Integriteta sporočila**: dokazuje, da sporočilo (tudi nešifrirano!) ni bilo spremenjeno. Uporabljajo se zgoščevalne funkcij, ki izračunajo podpis/izvleček sporočila **sig(S)**. To vrednost podpišemo z mehanizmom elektronskega podpisa

$$D_A(sig(S)) = sss$$

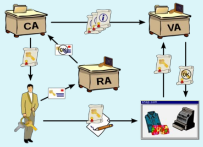
in **sss** pošljemo skupaj z originalnih sporočilom **S**: (**S**, **sss**) Prejemnik ponovno izračuna **sig(S)** in preveri **sss = sig(S).**

64

64

Šifriranje z javnimi ključi

- **PKI (Public Key Infrastructure)** je sistem, ki opredeljuje izdelavo, upravljanje, distribucijo, shranjevanje in preklic digitalnih certifikatov.
- Uporabnike overovimo s pomočjo javnih ključev, ki so overovljeni s strani certifikacijske agencije (*certificate authority*, **CA**).

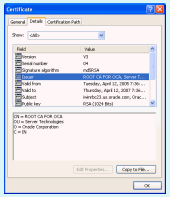


65

65

Certifikati

- Sistem PKI vsebuje certifikacijske agencije (angl. certification authority), ki izdajajo, hranijo in preklicujejo certifikate.
- Certifikati so definirani s standardom X.509 (RFC 2459)
- Certifikat vsebuje
  - naziv izdajatelja,
  - ime osebe, naslov, ime domene in druge osebne podatke,
  - javni ključ lastnika,
  - digitalni podpis (podpisan z zasebnim ključem izdajatelja),



66

66

Naslednjič gremo naprej!

- priključitev računalnika na omrežje
- zagon računalnika: protokola DHCP in BOOTP
- arhitektura strežnik – odjemalec,
- protokol: delovanje, njegove funkcije,
- sled protokola

67

67