Sigurnost u računarskim mrežama

IDS sistemi: prvi deo
(Osnovni pojmovi i statističke karakteristike)

Nemanja Maček

Sadržaj

- Sistemi za detekciju upada
- Komponente i arhitekture IDS sistema
- Statističke karakteristike sistema i mere performansi
- Primer: snort
- Neke tehnike zaobilaženja IDS sistema

Šta su sistemi za detekciju upada?

- Džim Anderson: **upad** u računarski sistem ili mrežu je svaki neovlašćeni pokušaj
  - pristupa, izmene ili uništavanja informacija, ili
  - dovođenja sistema u nepouzdano ili neupotrebljivo stanje.
- Drugim rečima, upad je bilo koji skup akcija koji narušava **integritet**, **poverljivost** ili **raspoloživost** resursa.
- **Sistem za detekciju upada** (engl. *Intrusion Detection System*, IDS) nadgleda događaje u računarskom sistemu ili mreži i otkriva aktivnosti koje ukazuju na upade.
- Sistemi za detekciju upada su nastali kao odgovor na napade koji se ne mogu otkriti ili sprečiti drugim zaštitnim mehanizmima.
- Primer:
  - Firewall analizira samo zaglavlje IP paketa i na osnovu pravila filtriranja dozvoljava prolaz paketa kroz odredišni mrežni interfejs ili odbacuje paket.
  - Firewall ne analizira sadržaj paketa i ne može da spreči napade tipa prekoračenja bafera ili umetanja SQL koda koji su smešteni u sadržaju paketa.

Komponente IDS sistema

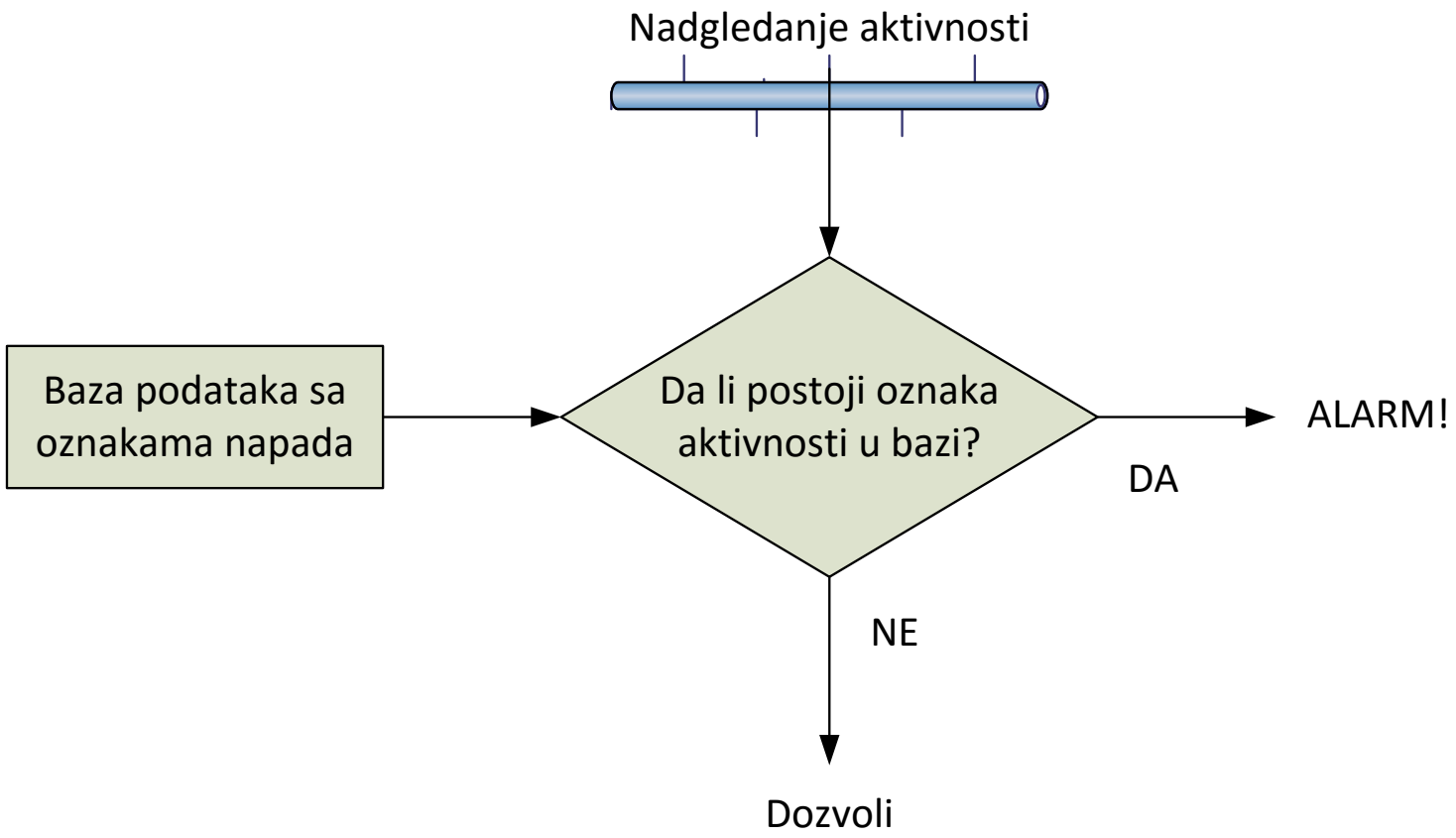
- Osnovne komponente IDS sistema su: senzori, komponenta za analizu (engl. *analyzer*) i komponenta koja generiše odgovor (engl. *response*).
- **Senzori**.
- Senzori prikupljaju podatke, odnosno događaje iz okruženja.
- Postoje dve vrste senzora: senzori smešteni na računaru i mrežni senzori.
  - Shodno ovoj podeli razlikujemo termine **HIDS** (engl. *Host-based IDS*) i **NIDS** (engl. *Network IDS*).
- **Senzor smešten na računaru** prikuplja podatke sa izvora koji su interni u odnosu na računar, najčešće na nivou operativnog sistema.
  - Primer: podaci o rasporedu ili učestalosti izvršavanja sistemskih poziva.
- **Mrežni senzori** prikupljaju saobraćaj sa računarske mreže.
  - Smešteni su u mrežne adaptere, rutere, pristupne tačke ili realizovani kao zasebni uređaji.
  - Zavisno od mreže koristi se jedan ili više senzora.
  - Senzor treba da bude transparentan za ostatak mreže i da je značajno ne opterećuje.

Komponente IDS sistema

- Komponenta za analizu traži oznake **napada ili prekršaja sigurnosne polise** u podacima preuzetim sa senzora.
- Postoje dva pristupa detekciji upada: detekcija potpisa i detekcija anomalije.
- **Detekcija potpisa** je pristup zasnovan na poređenju tekuće aktivnosti sa pravilima kojima su opisani poznati napadi.
- Problem detekcije potpisa: učestalost **lažno negativnih** alarma (engl. *False Negative Rate*) može biti velika.
  - Sistem ne može otkriti nove tipove napada (napade koji nisu opisani ni jednim pravilom).
  - Sistem ne može otkriti napade koji evolviraju sa vremenom.
  - Sistem ovakve napade prijavljuje kao legitimnu aktivnost.

Komponente IDS sistema

- **Detekcija potpisa**.

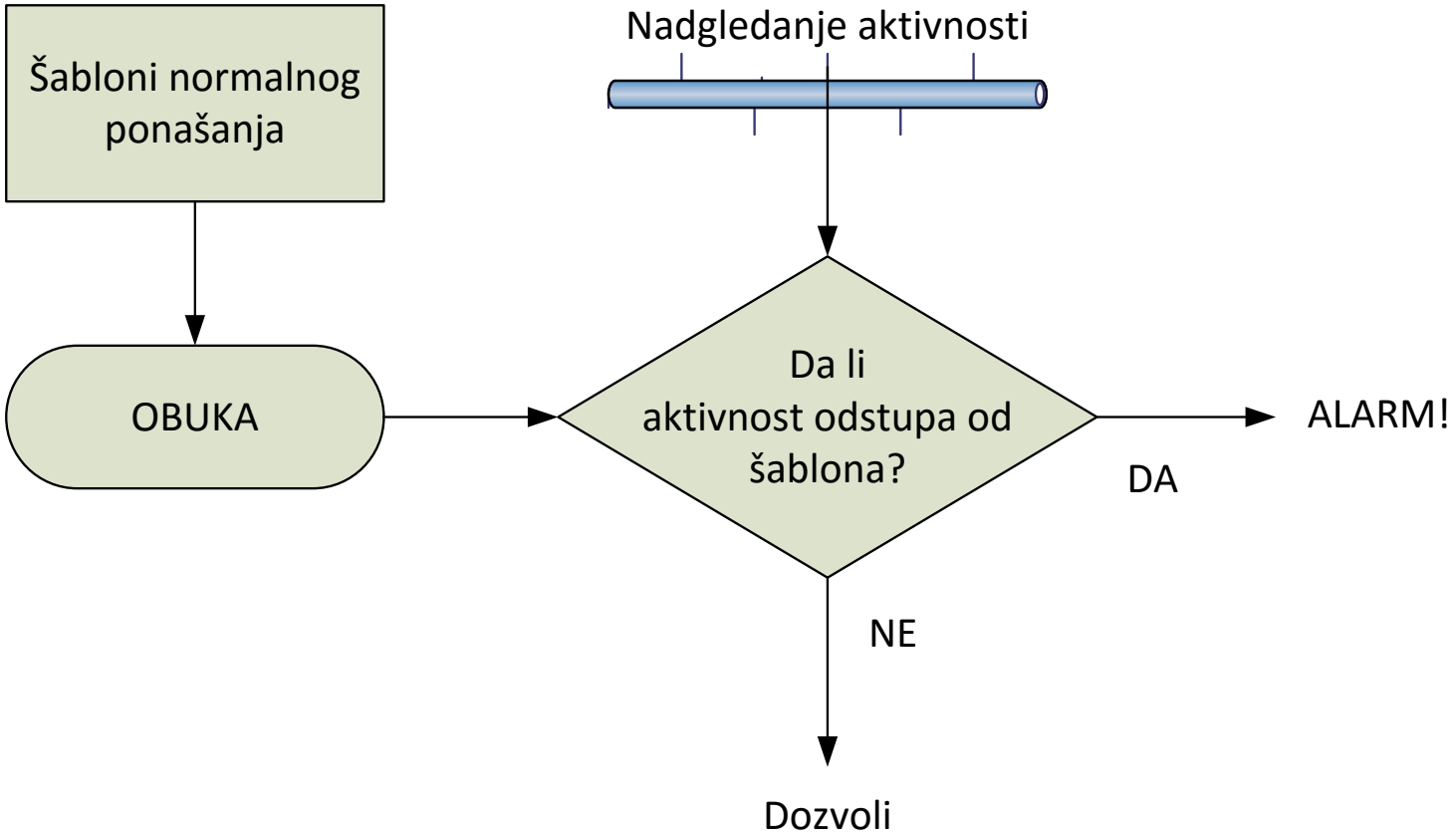


Komponente IDS sistema

- **Detekcija anomalije** je pristup zasnovan na tehnikama pronalaženja neuobičajenih aktivnosti koje nagoveštavaju upad.
  - Primer: aktivnost korisnika koja se značajno razlikuje od prethodno definisanog šablona legitimnih aktivnosti tog korisnika.
- Problem detekcije anomalija: veliki broj **lažno pozitivnih** alarma (engl. *False Positive Rate*).
  - Sistem može legitimnu aktivnost korisnika koja se razlikuje od uobičajenog šablona ponašanja oceniti kao napad.
    - Nemoguće je predvideti sve varijacije legitimnog ponašanja!
    - Nemoguće je formirati sistem za detekciju anomalija koji ne generiše lažno pozitivne alarme!
  - Rešenje koje **smanjuje greške**: redovno ažuriranje sistema šablonima legitimnog ponašanja.
  - Jedno od rešenja problema primenljivo u HIDS sistemima:
    - Modeliranje ponašanja pojedinačnih korisnika u određenom sistemu umesto modeliranja ponašanja celokupnog sistema, tj. svih korisnika.

Komponente IDS sistema

- **Detekcija anomalija**.



Komponente IDS sistema

- **Hibridni pristup detekciji**.
- Detekcija potpisa je veoma efikasna za napade čije su oznake poznate IDS sistemu.
- Međutim, nemoguće je predvideti sve varijacije poznatih napada.
  - To znači da je neka vrsta detekcije anomalije neophodna.
- Hibridni IDS sistemi kombinuju oba pristupa detekcije.
- Zasnovani su na principima biološkog imunog sistema (engl. *Human Immune System*).
- IDS najpre poredi tekuću aktivnost sa oznakama poznatih napada.
  - Ukoliko je napad detektovan IDS se oglašava alarmom.
  - Ukoliko napad nije detektovan IDS poredi aktivnost sa šablonima normalnog ponašanja.
  - Ukoliko je anomalija detektovana, sistem formira oznaku.
    - Takvo ponašanje nadalje se detektuje na osnovu potpisa.

Komponente IDS sistema

- **Komponenta koja generiše odgovor** oglašava se alarmom u slučaju da je upad detektovan.
- Komponenta može biti:
  - **Pasivna**.
    - Sistem dodaje zapis u dnevničku datoteku i eventualno obaveštava administratora sistema slanjem elektronske pošte.
  - **Aktivna**.
    - Sistem reaguje na napad.
    - Primer (NIDS): blokira određenu IP adresu ili prekida TCP konekciju.
    - Primer (HIDS): prekida proces ili sesiju koju je korisnik započeo.
- Napomena: sistem može proaktivno da reaguje na napad jedino ako komponenta za analizu detektuje upade **u toku njihovog izvršavanja**!
  - Primer: linijski (engl. *in-line*) mrežni IDS sistem.
- Sistemi koji detektuju zapisane događaje ne mogu da spreče napad!
  - U nekim slučajevima napadač može da izmeni zapisane događaje i ukloni tragove o napadu.

Sistemi za sprečavanje upada

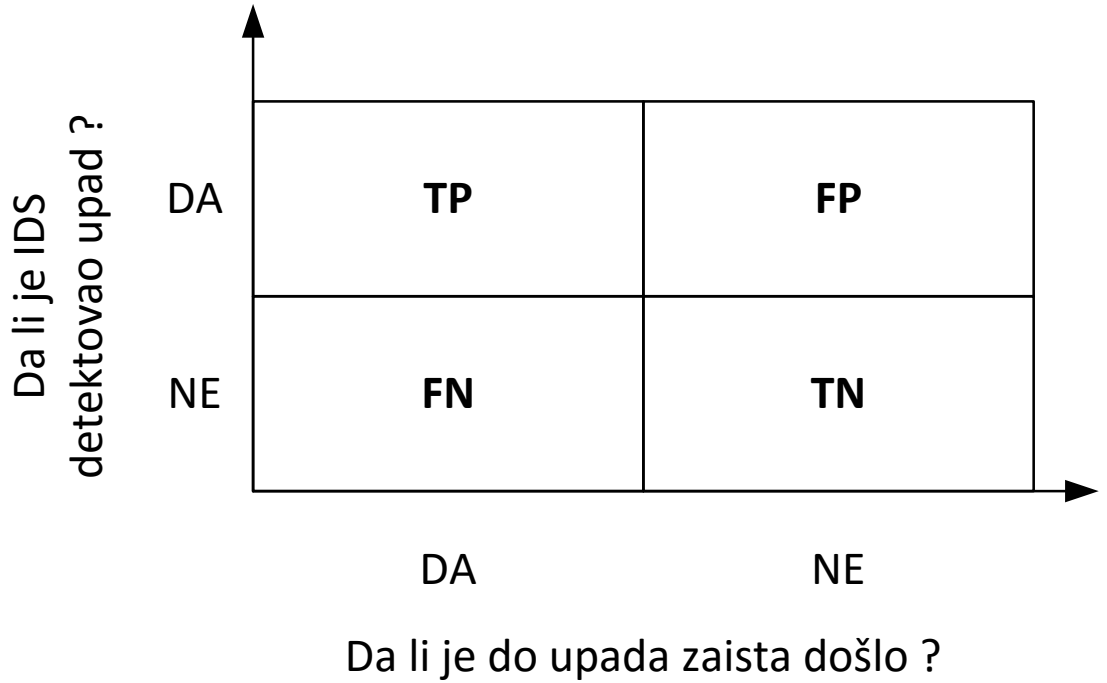
- Sistemi koji proaktivno reaguju na napade nazivaju se **sistemima za sprečavanje upada** (engl. *Intrusion Prevention System*, IPS) i najčešće se realizuju integrisanjem postojećih tehnologija u jedan celovit sistem.
- Primer: mrežni IPS kombinuje funkcionalnost mrežnih IDS sistema, mrežnih barijera, i dodatnih mehanizama za sprečavanje zlonamernih aktivnosti.
  - Najčešće se realizuje kao uređaj sa dva mrežna adaptera od kojih je jedan vezan sa unutrašnjom a drugi sa spoljašnjom mrežom.
- Za razliku od firewalla mrežni IPS obavlja **dubinsku analizu paketa** (engl. *deep packet inspection*).
- Faze odgovora na detektovani napad prema Met Bišopu su:
  - **Ograđivanje** (napadaču se ograničava pristup sistemskim resursima)
  - **Iskorenjivanje** (zaustavljanje napada i sprečavanje mogućnosti da se napad ponovi)
  - **Oporavak** (vraćanje sistema u stabilno stanje).

Arhitektura IDS sistema

- IDS sistemi se mogu podeliti na sisteme sa jednoslojnom i višeslojnom arhitekturom.
- **Sistemi sa jednoslojnom arhitekturom**.
  - Čine ih komponente koje nezavisno prikupljaju i obrađuju podatke.
  - Nedostatak ove arhitekture: nezavisnost umanjuje sofisticiranost detekcije.
- **Sistemi sa višeslojnom arhitekturom**.
  - Komponente međusobno prosleđuju podatke jedna drugoj.
  - Izlazni podaci jedne komponente se prosleđuju drugoj komponenti kao ulazni podaci.
  - Komponenta za analizu višeslojnog IDS sistema sadrži nekoliko **agenata**.
  - Agenti najčešće obavljaju samo jednu funkciju.
    - Primer: ispitivanje konkretnog protokola u mrežnom saobraćaju.
  - Višeslojna IDS arhitektura obezbeđuje:
    - Veću efikasnost i sofisticiranost analize.
    - Kompletniju sliku opšte sigurnosne situacije na računarskoj mreži.

Statističke karakteristike i mere performansi

- Mere performansi IDS-a definišu se na osnovu broja pravih (**TP**), lažnih (**FP**) i propuštenih alarma (**FN**) i broja ispravno detektovanih dozvoljenih aktivnosti (**TN**).



Statističke karakteristike i mere performansi

- **Osetljivost** (engl. *sensitivity*) se definiše kao kao količnik broja pravih i zbira pravih i propuštenih alarma (*True Positive Rate*, TPR).

$$TPR = \frac{TP}{TP + FN} = 1 - FNR$$

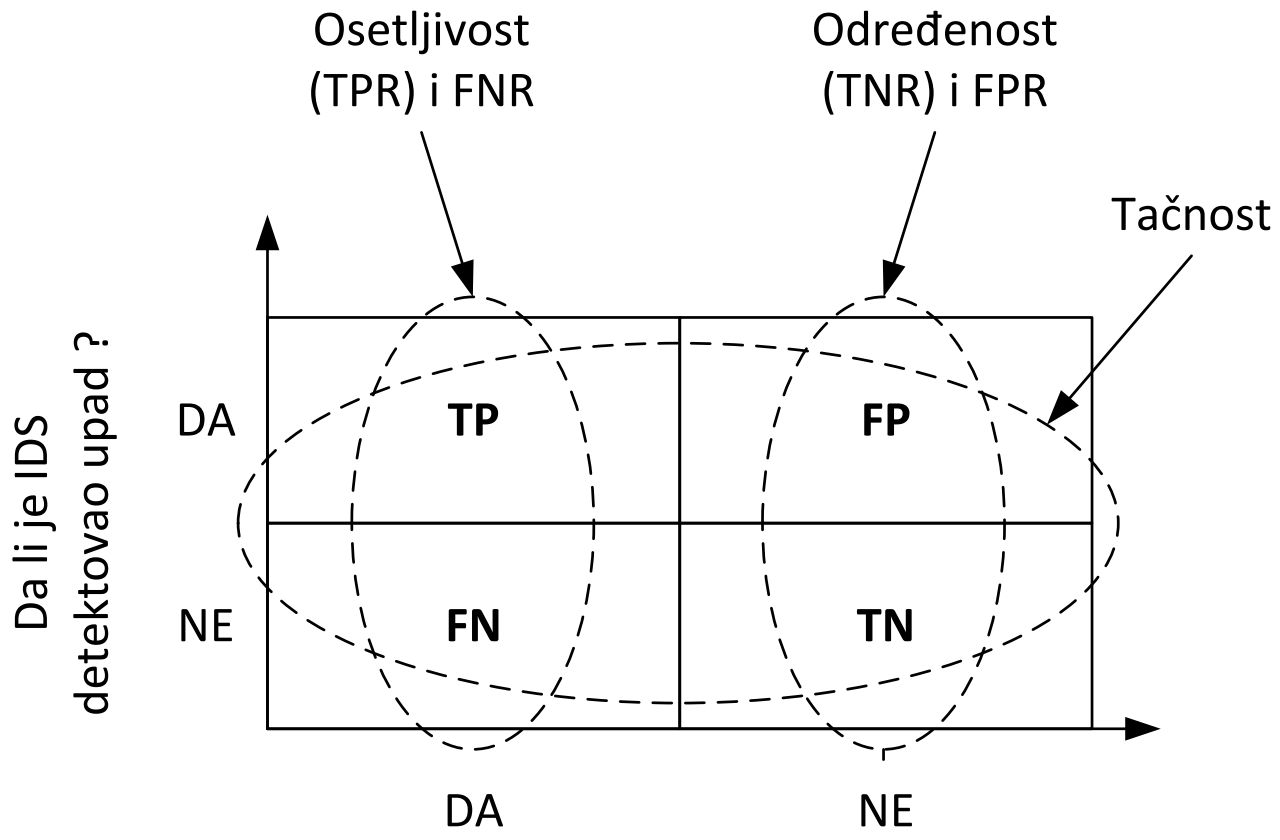
- **Određenost** (engl. *specificity*) se definiše kao kao količnik broja stvarno negativnih i zbira stvarno negativnih i lažno pozitivnih alarma (*True Negative Rate*, TNR).

$$TNR = \frac{TN}{TN + FP} = 1 - FPR$$

- U praksi se ponekad pravi kopromis između osetljivosti i određenosti.
- Najčešće se od sistema zahteva mali broj FP i FN odnosno visoka **tačnost** klasifikacije:

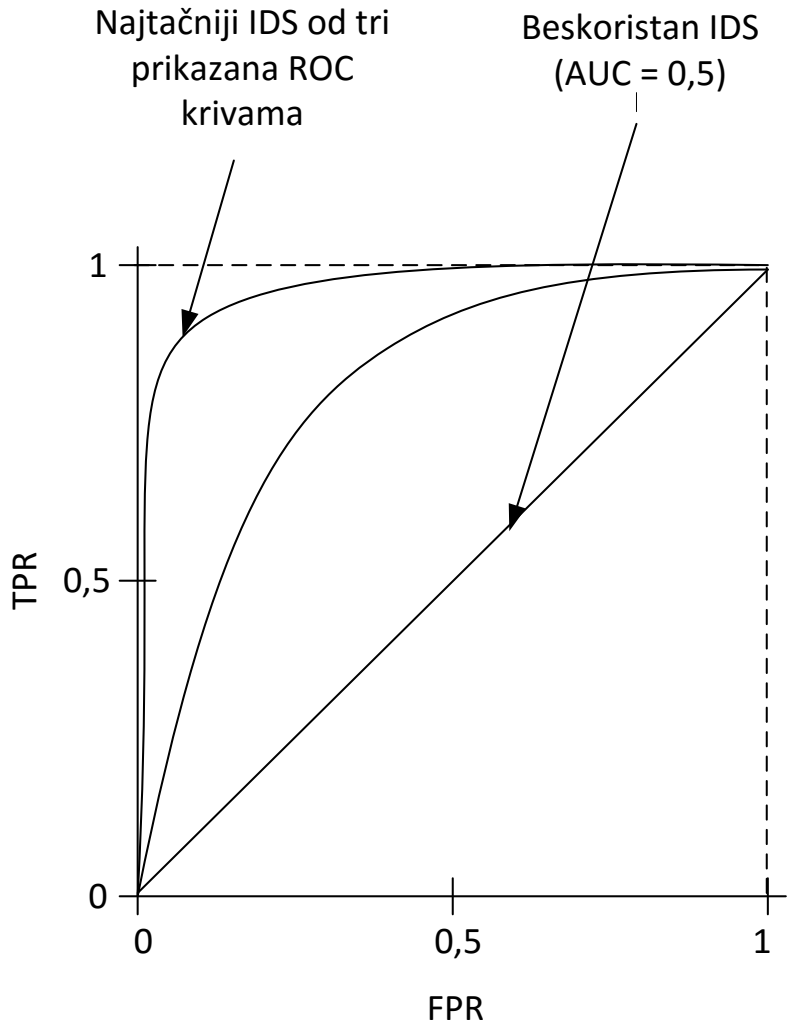
$$a = \frac{TP + TN}{TP + TP + FP + FN}$$

Statističke karakteristike i mere performansi



Statističke karakteristike i mere performansi

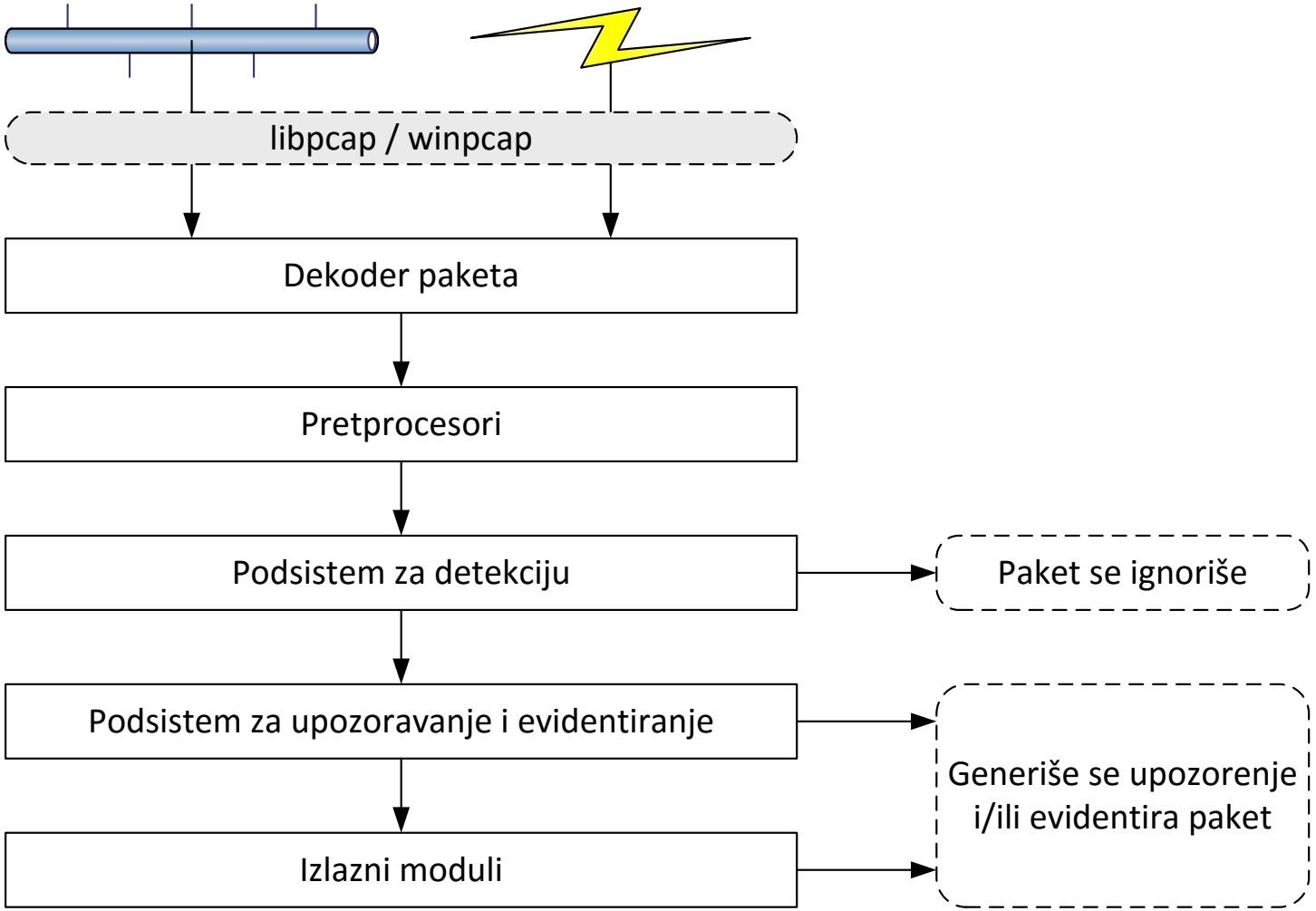
- Veza između osetljivosti i određenosti može se grafički predstaviti pomoću takozvane **ROC krive** (engl. *Reciever Operating Curve*).
- Oblik krive zavisi od celokupnog kvaliteta IDS sistema.
- Tačnost sistema određena je površiom ispod ROC krive (**AUC**, engl. *Area Under Curve*).
  - Sistem čija je kriva priljubljena uz gornji levi ugao dijagrama ima najbolje karakteristike, odnosno najveću tačnost detekcije.
  - Ukoliko je površina ispod krive 1, tačnost sistema je 100%.
  - Sistem opisan pravom linijom pod uglom od 45 stepeni (povšina ispod krive je 0,5) je beskoristan.



Snort

- Snort je Linux / Windows open-source NIDS.
- Snort analizira saobraćaj, generiše dnevničke datoteke i detektuje upade u realnom vremenu.
- Detekcija upada:
  - Na osnovu potpisa poznatih napada zadatih u vidu pravila.
  - Pomoću dodataka drugih proizvođača koji detektuju anomalije u paketima.
- Komponente Snort IDS-a:
  - libpcap / winpcap biblioteka za preuzimanje paketa sa mrežnih adaptera.
  - **Dekoder paketa** (skup komponenti koje dekodiraju protokole određenog sloja i popunjavaju strukture podataka sa dekodiranim podacima).
  - **Predprocesori** (preuređuju sadržaj paketa tako da sistem za detekciju može da otkrije upad ukoliko napadač pokuša da zavara IDS tako što će modifikovati paket).
  - **Podsistem za detekciju** (upoređuje sve pakete sa zadatim skupom pravila).
  - **Podsistem za evidentiranje i upozoravanje**.
  - **Izlazni moduli** (na primer, mogu da izmene konfiguraciju rutera ili firewall-a).

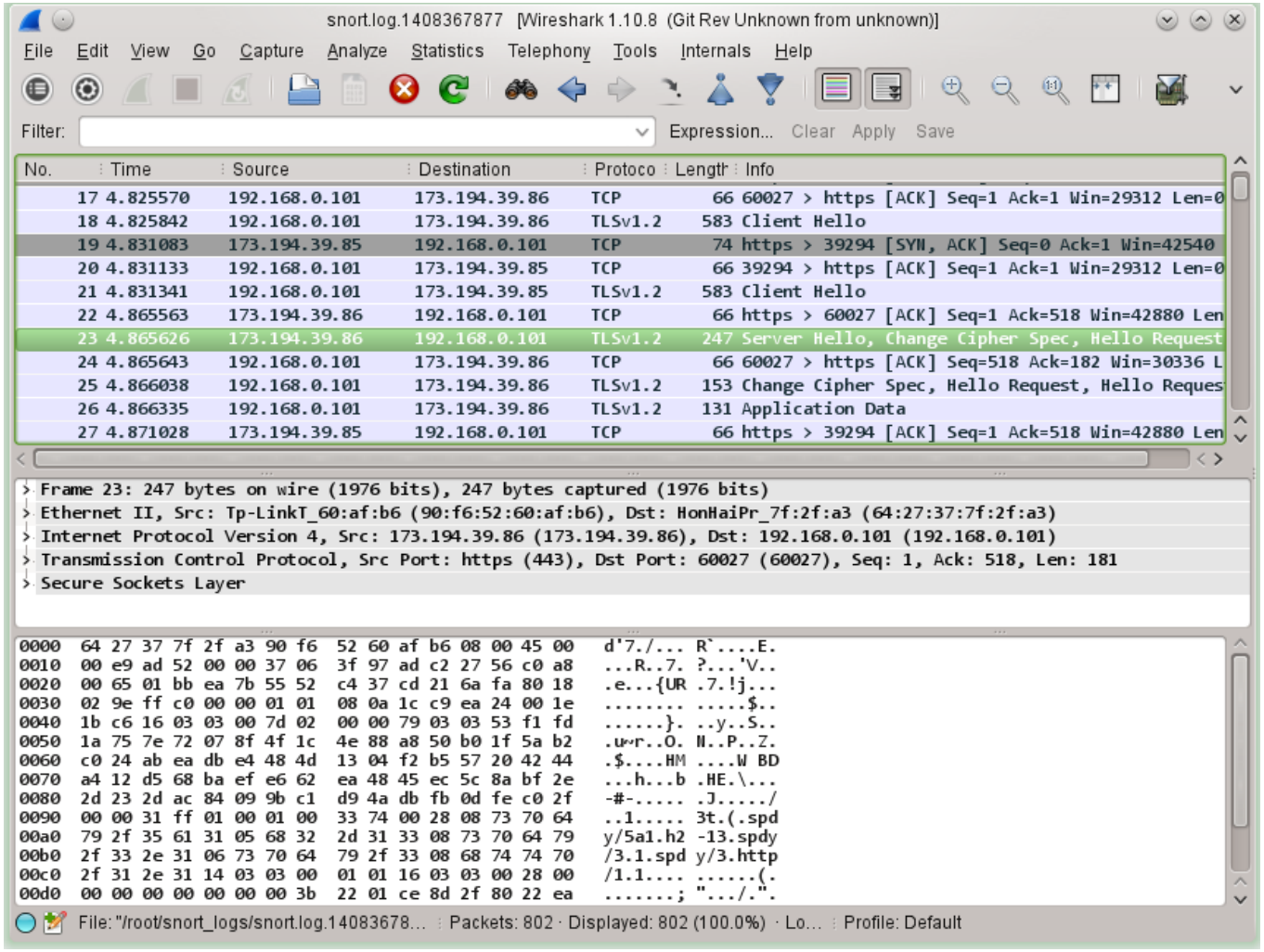
Snort


libpcap / winpcap
Dekoder paketa
Pretprocesori
Podsistem za detekciju
Paket se ignoriše
Podsistem za upozoravanje i evidentiranje
Generiše se upozorenje i/ili evidentira paket
Izlazni moduli

Snort – režimi rada

- **Režim „njuškanja“** (engl. *sniffer*).
  - Snort prati saobraćaj na mreži i prikazuje informacije o paketima na ekranu.
- **Režim evidentiranja paketa** (engl. *logger*).
  - Snort prati saobraćaj na mreži i upisuje podatke u dnevničku datoteku.
  - Podaci se mogu upisati u tekstualnu ili binarnu datoteku (tcpdump format).
- **NIDS režim**.
  - Snort ne evidentira svaki paket u dnevničkoj datoteci.
  - Ako paket odgovara nekom pravilu Snort evidentira paket ili generiše upozorenje.
  - Paket koji ne odgovara nijednom pravilu se ignoriše.
  - Dva režima:
    - Režim kratkih upozorenja (engl. *fast mode*): vreme, poruka upozorenja, izv. i odr. IP adresa i port.
    - Režim potpunih upozorenja (engl. *full mode*): dekodiraju se sva zaglavlja.
  - Za pokretanje alata Snort u NIDS režimu potrebna je konfiguraciona datoteka.

Primer Snort dnevničke datoteke otvorene u Wireshark-u



Struktura Snort pravila

- Sva Snort pravila imaju dva dela: zaglavlje i opciju.
  - **Zaglavlje** sadrži osnovni kriterijum za poređenje paketa sa pravilom (protokol, izvorišna i odredišna IP adresa i port) i akciju koja će se preduzeti ako paket zadovolji sve uslove.
  - **Deo sa opcijama** obično sadrži poruku upozorenja i dodatne informacije koje se koriste za analizu paketa, tj. za upoređivanje paketa sa pravilom.
- Snort pravila se zadaju u sledećem formatu:

```
<snort action> <protocol> <IP_1> <PORT_1> <direction> <IP_2> <port_2> (msg:"poruka koja se prikazuje prilikom generisanja upozorenja"; <optional classtype>; <optional snort ID (sid)>; <optional revision (rev) number>;)
```

Snort pravila – nekoliko primera

- Generiši upozorenje za bilo kakav TCP saobraćaj poslat sa adrese 192.168.1.66.

```
alert tcp 192.168.1.66 any -> any any (msg:"Saobracaj sa 192.168.1.66";)
```

- Generiši upozorenje u slučaju da se u sadržaju paketa nalazi heksadecimalna vrednost 0x90 (instukcija NOP na arhitekturi x86, moguće prepunjenje bafera).

```
alert tcp any any -> any any (msg:"Moguc exploit"; content:"|90|";)
```

- Generiši upozorenje samo ako vrednost 0x90 postoji između bajtova 40 i 75 sadržaja paketa.

```
alert tcp any any -> any any (msg:"Moguc exploit"; content:"|90|"; offset:40; depth:75;)
```

- Generiši upozorenje samo ako je je sadržaj TCP paketa veći od 6000 bajtova i vrednost 0x90 postoji između bajtova 40 i 75 sadržaja paketa.

```
alert tcp any any -> any any (msg:"Moguc exploit"; content:"|90|";  offset:40; depth:75;
dsize: >6000;)
```

- Pravilo koje otkriva pakete u kojima su istovremeno postavljeni flegovi SYN i FIN (započinju i završavaju TCP konekciju).

```
alert any any -> any any (flags: SF,12; msg: "Moguce SYN FIN skeniranje";)
```

Neke tehnike zaobilaženja IDS sistema

- Da se podsetimo:
  - **Rizik** je mogućnost da nastane oštećenje ili gubitak neke informacije, intelektualne svojine, prestiža ili ugleda.
  - **Sigurnost** je proces održavanja prihvatljivog nivoa rizika.
    - Ukoliko je vrednost resursa veća, potrebno je uložiti veća materijalna sredstva u zaštitne mehanizme koji te resurse štite i smanjiti rizik od ugrožavanja poverljivosti, integriteta i dostupnosti resursa.
  - Napadač koji želi da pristupi resursima mora da zaobiđe te mehanizme.
    - Što su resursi značajniji, napadač će takođe uložiti veća materijalna sredstva da uspešno izvrši napad.
  - Apsolutna sigurnost ne postoji, što znači da ne postoji ni jedan savršeni zaštitni mehanizam, uključujući i IDS.

Neke tehnike zaobilaženja IDS sistema

- Postoji veliki broj tehnika za zaobilaženje IDS sistema i nekoliko načina njihove klasifikacije.
- Neke tehnike su opštenamenske a neke upotrebljive za zaobilaženje specifičnih IDS-ova.
- Primeri:
  - Tehnike zaobilaženja IDS sistema zasnovanih na potpisima.
  - Tehnike zaobilaženja IDS sistema sa *Support Vector Machines* klasifikatorom u komponenti za analizu.
- Tehnike zaobilaženja vremenom zastarevaju, zato što proizvođači postaju svesni njihovog postojanja i u svoje proizvode ugrađuju protivmere, tj. tehnike sprečavanja zaobilaženja.
- U ovom izlaganju su ukratko analizirane tri kategorije tehnika zaobilaženja IDS-a:
  - Tehnike zasnovane na **nedostatku konherentnosti** između IDS-a i mreže koje štiti.
  - Tehnike zasnovane na **izvođenju DoS napada na sam IDS**.
  - Tehnike **maskiranja zlonamernog koda**:
    - Šifrovanje, polimorfizam, oligomorfizam i metamorfizam.

Tehnike zasnovane na nedostatku konherentnosti

- Zasnovane su na različitim **konačnim sekvencama fragmenata** koje analiziraju IDS i žrtva.
  - IDS se ne oglašava alarmom ali se napad izvršava.
- Primer:
  - Napadač poznaje topologiju mreže.
  - Napadač menja polje TTL (*Time to Live*) određenih fragmenata.
  - Fragmenti sa izmenjenim TTL poljem:
    - Postoje kada stignu do IDS-a.
      - IDS ne prepoznaje napad zato što ovi fragmenti koji unose varijacije u napad.
    - Nestaju pre nego što stignu do odredišta.
      - Odbacuju se kada prođu IDS (zato što je vrednost TTL polja manja).
      - Originalna sekvenca fragmenata kojom se izvršava napad prosleđuje se žrtvi.

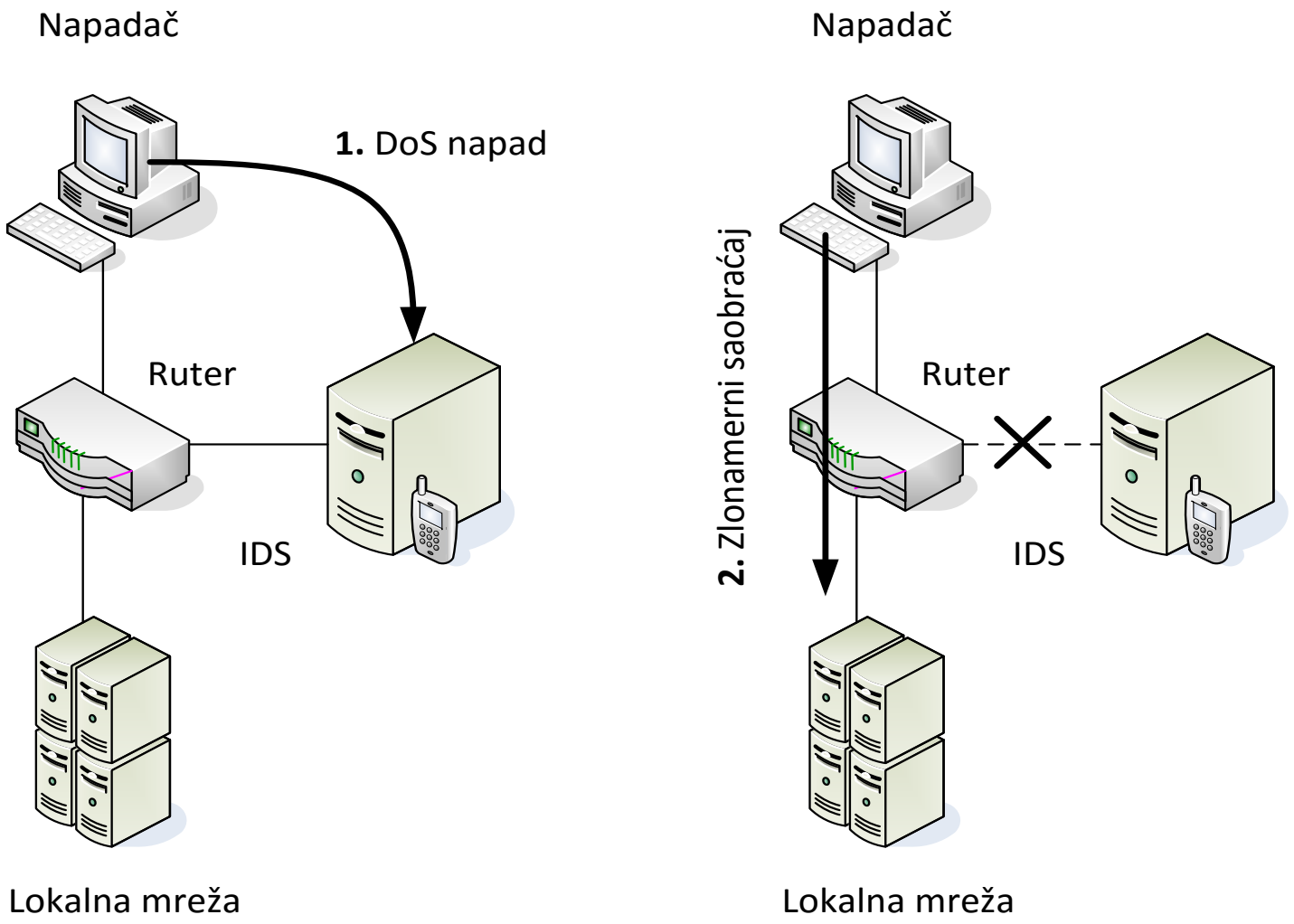
Tehnike zasnovane na nedostatku konherentnosti

- Ove tehnike mogu biti zasnovane i **eksploataciji ranjivosti TCP/IP** skupa protokola.
- Primer: slanje RST paketa sa pogrešnom kontrolnom sumom.
  - Napadač uspostavlja TCP konekciju sa serverom koji IDS nadgleda.
  - Napadač šalje RST paket sa pogrešnom kontrolnom sumom.
  - IDS na osnovu RST paketa zaključuje da je konekcija između napadača i servera prekinuta.
    - IDS prestaje da nadgleda tu konekciju.
  - Server prima RST paket.
    - Server računa kontrolnu sumu.
    - Upoređuje je sa sumom koja se nalazi u zaglavlju primljenog paketa.
    - Pošto se razlikuju, server odbacuje RST paket i nastavlja TCP vezu sa napadačem.
  - Napadač dalje šalje zlonamerne pakete koje IDS neće otkriti jer smatra da je veza prekinuta.

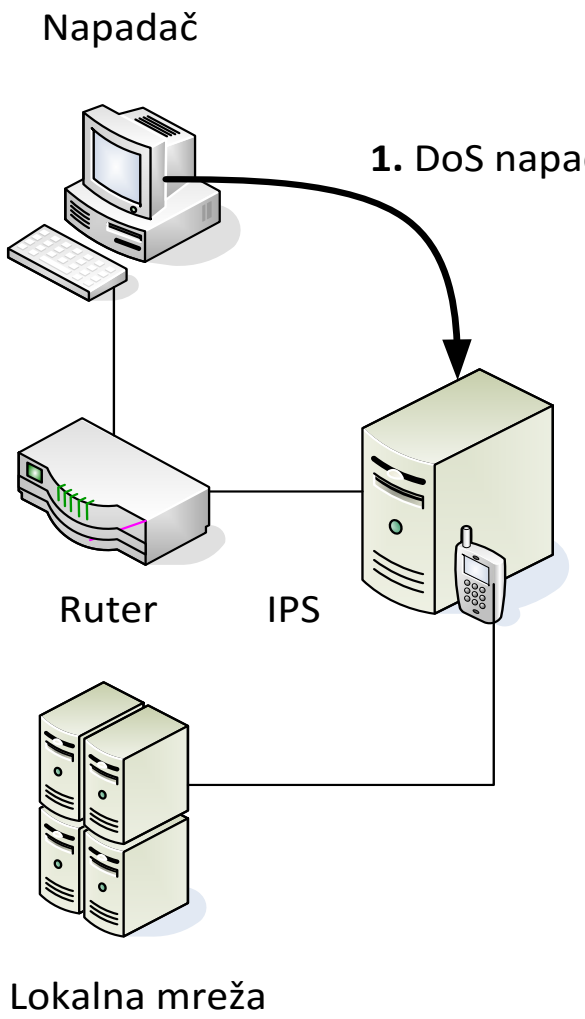
Tehnike zasnovane na izvođenju DoS napada na IDS

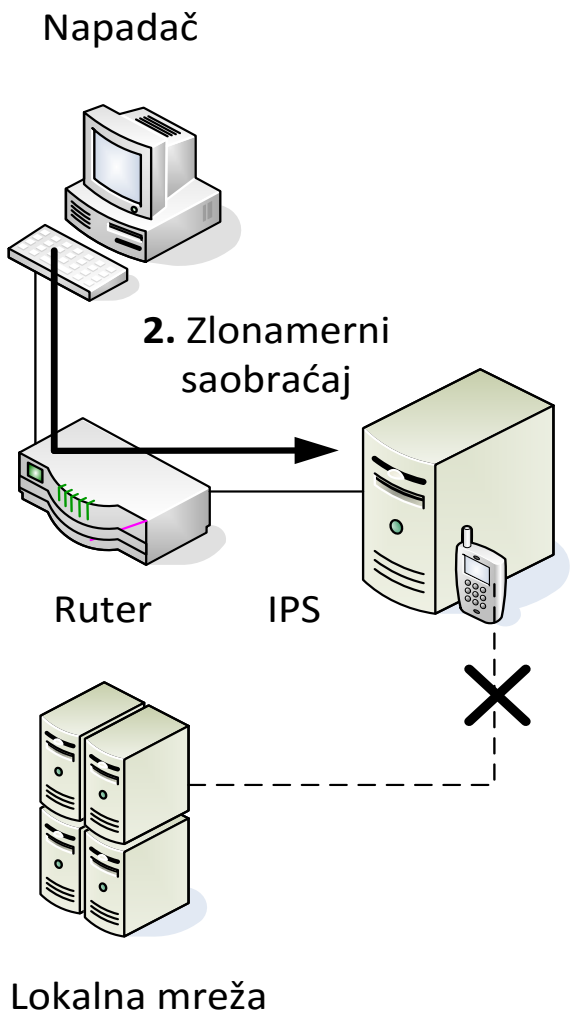
- Postoji nekoliko tehnika za izvođenje DoS napada na IDS sisteme.
- Primeri:
  - Preplavljivanje lažnim alarmima (*alert flood*).
    - Neke varijante se mogu iskoristiti za prikrivanje prave prirode napada.
  - Izazivanje redosleda poređenja sa pravila koje najviše opterećuje procesor IDS sistema i usporava algoritam detekcije.
- Posledice DoS napada zavise od toga u kom režimu IDS radi i na koji je način vezan za mrežu.
  - Ako IDS samo nadgleda saobraćaj:
    - Nakon izvođenja DoS napada IDS se ne oglašava alarmom u slučaju napada na mrežu.
    - Mreža ostaje ranjiva dok se ne uklone posledice DoS napada na IDS.
  - Ako IDS radi u preventivnom režimu:
    - Sistem prestaje da opslužuje mrežu.
    - Zlonamerni saobraćaj ne može proći ka zaštićenim računarima u mreži.

Tehnike zasnovane na izvođenju DoS napada na IDS



Tehnike zasnovane na izvođenju DoS napada na IDS





Tehnike maskiranja zlonamernog koda

- **Maskiranje** je tehnika kojom se originalni kod pretvara u:
  - Kod koji zadržava istu funkcionalnost.
  - Njegovo razumevanje je otežano.
- Napadači su počeli da primenjuju ove tehnike kako bi **otežali ili onemogućili detekciju** maskiranog zlonamernog koda.
- U početku je obavljano tehnikama **kompresije** ili **šifrovanja** zlonamernog koda.
- IDS lako može da otkrije modul za dešifrovanje na osnovu potpisa (modul je neophodan).
- Razvoj maskiranja je zbog toga usmeren je u tri pravca:
  - **oligomorfizam** (generisanje različitih modula za šifrovanje koda odabirom delova iz nekoliko predefisanih šablona),
  - **polimorfizam** (mutacija kriptografskog modula sa svakom kopijom koda),
  - **metamorfizam** (mutacija zlonamernog koda).
- Oligomorfni kod se može detektovati na osnovu potpisa (u bazi postoje potpisi svih šablona).
- Oligomorfni i polimorfni kod se mogu otkriti sistemima za detekciju anomalija.

Literatura

1. D. Pleskonjić, N. Maček, B. Đorđević, M. Carić (2007): Sigurnost računarskih sistema i mreža. Mikro knjiga, Beograd.
2. N. Maček (2015): Detekcija upada mašinskim učenjem / Machine Learning in Intrusion Detection. Zadužbina Andrejević.

Hvala na pažnji

Pitanja su dobrodošla.