

Komunikacijski protokoli

7. Uvođenje protokola IPv6 u mrežu

Pokretljivost u IP-mreži

Creative Commons



- slobodno smijete:
 - **dijeliti** — umnožavati, distribuirati i javnosti priopćavati djelo
 - **remiksirati** — prerađivati djelo
- pod sljedećim uvjetima:
 - **imenovanje**. Morate priznati i označiti autorstvo djela na način kako je specificirao autor ili davatelj licence (ali ne način koji bi sugerirao da Vi ili Vaše korištenje njegova djela imate njegovu izravnu podršku).
 - **nekomercijalno**. Ovo djelo ne smijete koristiti u komercijalne svrhe.
 - **dijeli pod istim uvjetima**. Ako ovo djelo izmijenite, preoblikujete ili stvarate koristeći ga, preradu možete distribuirati samo pod licencom koja je ista ili slična ovoj.

U slučaju daljnjeg korištenja ili distribuiranja morate drugima jasno dati do znanja licencne uvjete ovog djela. Najbolji način da to učinite je linkom na ovu internetsku stranicu.

Od svakog od gornjih uvjeta moguće je odstupiti, ako dobijete dopuštenje nositelja autorskog prava.

Ništa u ovoj licenci ne narušava ili ograničava autorova moralna prava.

Tekst licencije preuzet je s <http://creativecommons.org/>.

Sadržaj predavanja

- Uvođenje IPv6 u mrežu
 - Prelazak na IPv6
 - Suživot IPv4 i IPv6
- *Mobile IP*
 - Adresiranje i funkcijski entiteti
 - Procedure pokretnog čvora
 - Usmjeravanje
- *Mobile IPv6*
 - Adresiranje i funkcijski entiteti
 - Otkrivanje promjene točke priključka
 - Autokonfiguracija adrese
 - Registracija
 - Usmjeravanje

Uvođenje IPv6 u mrežu

Prelazak na IPv6 (1)

- Protokoli IPv4 i IPv6 **nisu** međusobno kompatibilni
- Očekuje se da će prelazak na IPv6 trajati godinama, uz “suživot” protokola IPv4 i IPv6
- Različiti čvorovi u mreži:
 - IPv4-čvor (samo IPv4)
 - **IPv6/IPv4-čvor (IPv6 i IPv4) - dvostruki IP-sloj (dual IP layer)**
 - IPv6-čvor (samo IPv6)
- Za komunikaciju čvorova preko IPv4-infrastrukture, IPv6-infrastrukture ili njihove kombinacije primjenjuju se tranzicijski postupci:
 - **tuneliranje datagrama**

Prelazak na IPv6 (2)

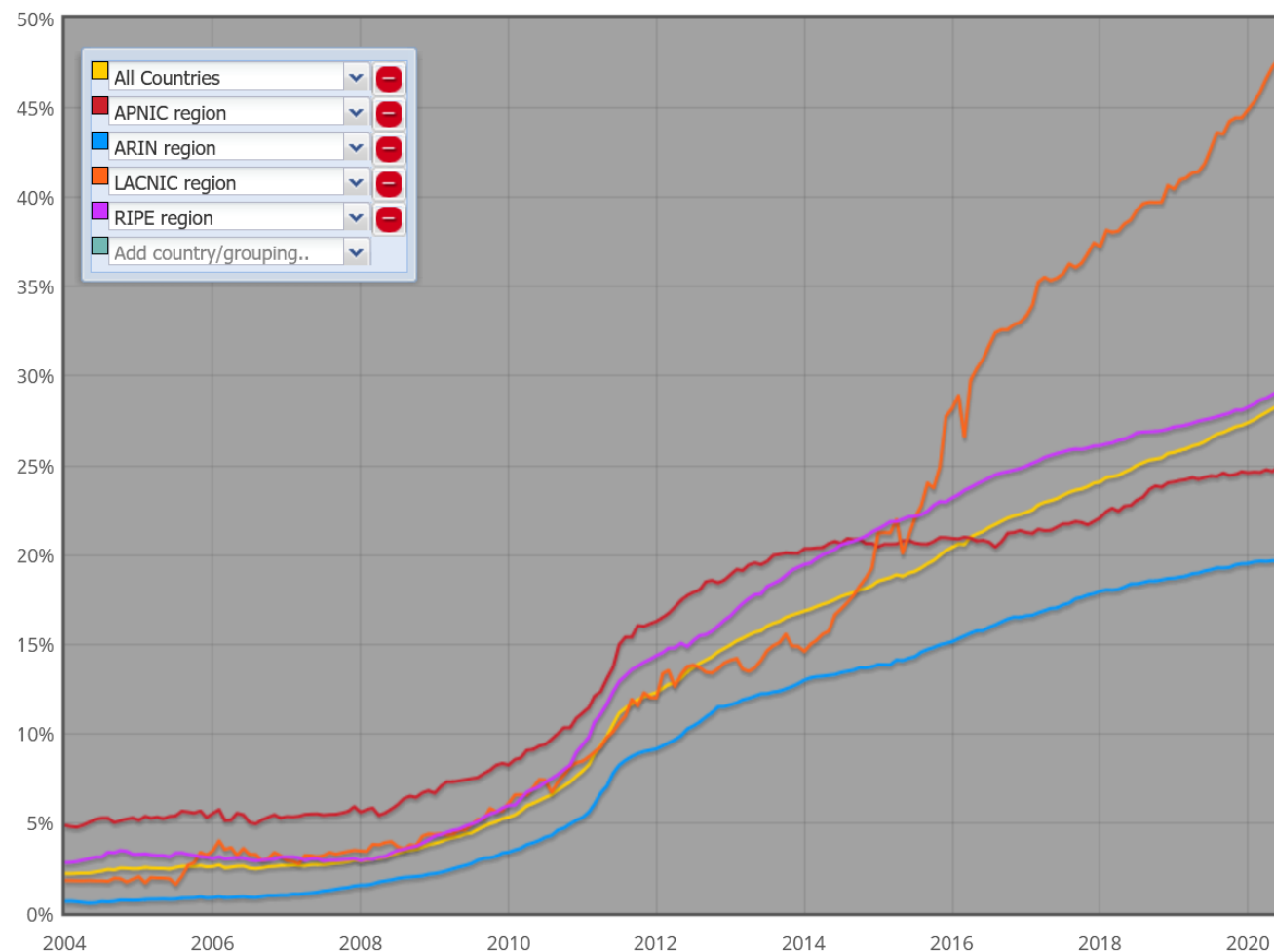
Sustav imenovanja domena (DNS – Domain Name System):

- Dogradnja za IPv6:
 - A zapisi za pretvorbu simboličko ime → IPv4-adresa (IPv4-čvor i IPv6/IPv4-čvor)
 - AAAA zapisi za pretvorbu simboličko ime → IPv6-adresa (IPv6-čvor i IPv6/IPv4-čvor)
 - PTR zapisi za pretvorbu IPv4-adresa → simboličko ime (IPv4-čvor i IPv6/IPv4-čvor)
 - PTR zapisi za pretvorbu IPv6-adresa → simboličko ime (IPv6-čvor i IPv6/IPv4-čvor)

A (Address Record), AAAA (IPv6 Address Record)

PTR (Pointer Record)

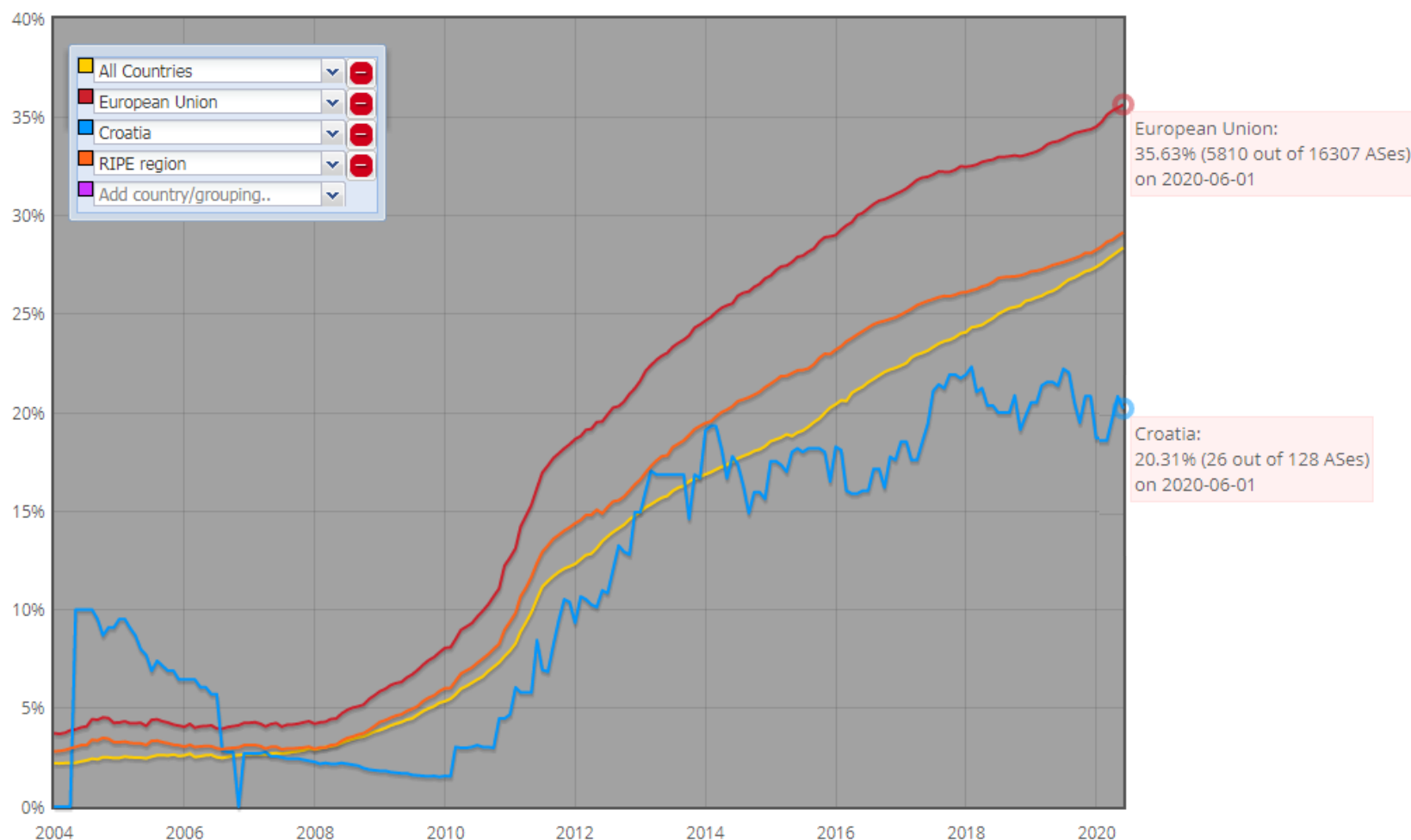
Primjena IPv6 u svijetu



Izvor:
RIPE NCC
<http://v6asns.ripe.net/v/6>

Graf prikazuje postotak autonomnih sustava (AS-ova) koji oglašavaju IPv6 prefiks u nekog državi, skupini država ili regiji.

Primjena IPv6 u Europi i RH



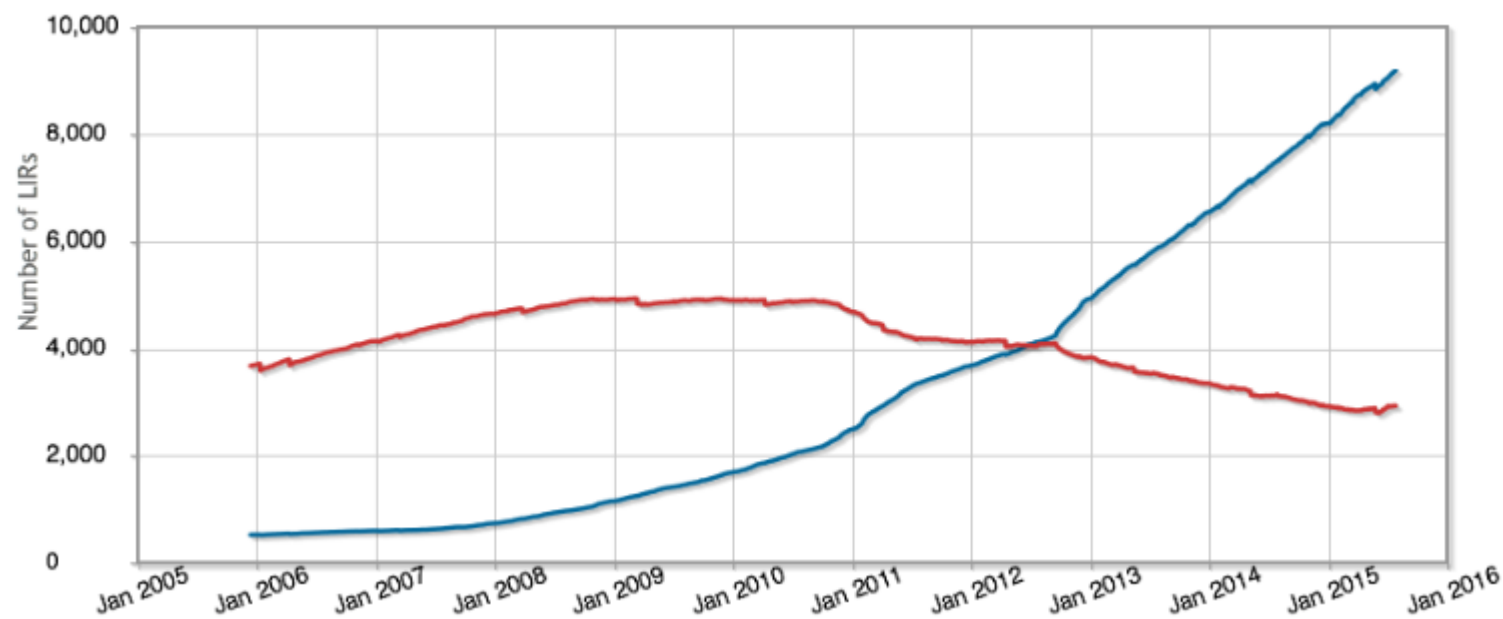
Izvor:
RIPE NCC
<http://v6asns.ripe.net/v/6>

Graf prikazuje postotak autonomnih sustava (AS-ova) koji oglašavaju IPv6 prefiks u nekog državi, skupini država ili regiji.

Postotak AS-ova koji koriste IPv6:

- Europska Unija: 35,63%
(5810 od 16307 AS-ova)
- RH 20,30%
(26 od 128 AS-ova)

Podrška za IPv6 adrese



Izvor:

RIPE NCC

<https://www.ripe.net/publications/ipv6-info-centre/statistics-and-tools>

Graf prikazuje broj lokalnih internetskih registara (*Local Internet Registry*, LIR) u regiji RIPE NCC (regionalni registar koji pokriva područje Europe, Bliskog istoka i Zajednice neovisnih država) koji imaju IPv6 resurse (plava crta) i koje ih (još) nemaju (crvena crta).

Primjena IPv6 u CARNetu

IP adrese alocirane u Republici Hrvatskoj:

https://sysportal.carnet.hr/hr_alloclist



Provjera IPv6 veze:

https://test-ipv6.carnet.hr/index.html.hr_HR

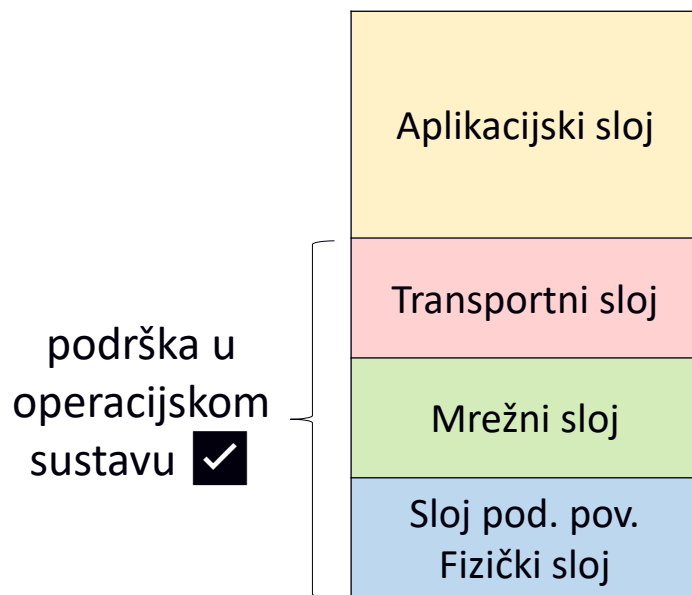
Peering matrica (IPV4 i IPv6) :

<https://www.cix.hr/usluge/peering-matrica>



IPv6/IPv4-čvor – dvostruki IP-sloj

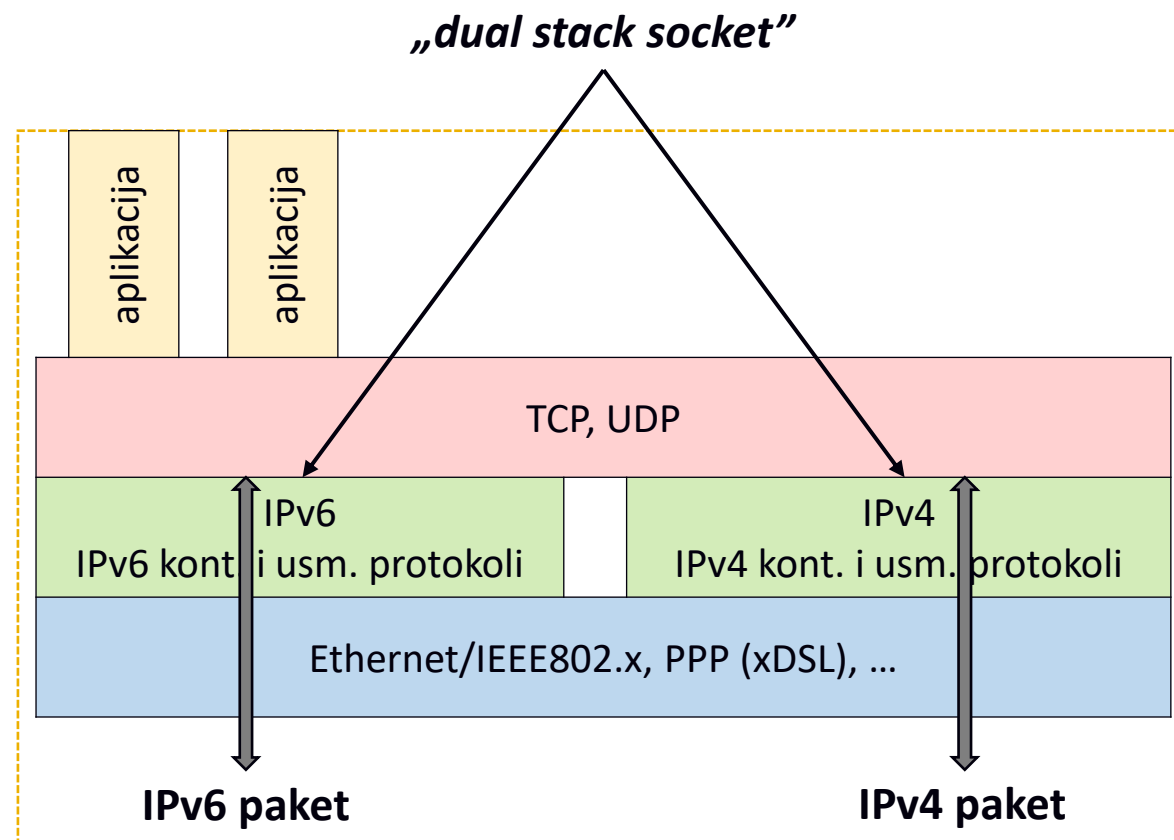
- IPv6-čvor koji sadrži i izvedbu protokola IPv4 za kompatibilnost unatrag



<https://www.ipv6ready.org/>

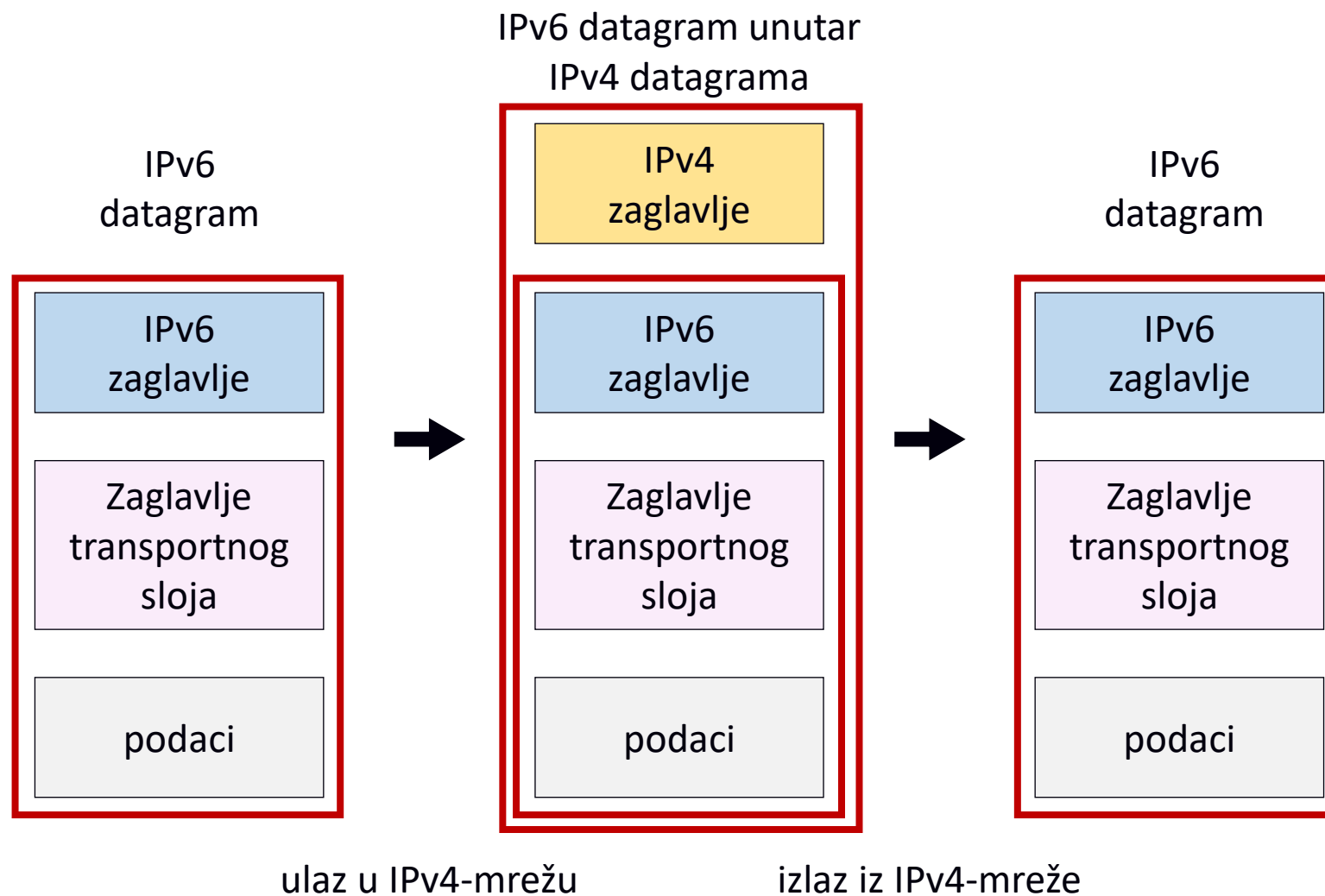


16.12.2022.



Komunikacijski protokoli

Načelo tuneliranja IPv6-datagrama kroz IPv4-mrežu



Tuneliranje IPv6 datagrama kroz IPv4 mrežu

Tunel na relaciji:

- **Usmjeritelj-usmjeritelj:** IPv6/IPv4-usmjeritelji, između kojih se nalazi IPv4-infrastruktura, kreiraju u njoj tunel preko kojeg izmjenjuju pakete. Tunel se nalazi na unutarnjem segmentu puta paketa.
- **Računalo-usmjeritelj:** IPv6/IPv4-računala šalju podatke usmjeritelju koji je dostupan samo preko IPv4-infrastrukture. Tunel se nalazi na početnom segmentu puta paketa i prostire se do tog usmjeritelja.
- **Računalo-računalo:** IPv6/IPv4-računala izmjenjuju međusobno podatke, preko IPv4-infrastrukture. Tunel se ovdje prostire kroz cijeli put paketa, od izvora do odredišta.
- **Usmjeritelj-računalo:** IPv6/IPv4-usmjeritelji tuneliraju IPv6 pakete prema konačnom IPv6/IPv4-odredištu. Tunel se nalazi na završnom segmentu puta paketa.

Primjer: tunel na relaciji usmjeritelj-usmjeritelj

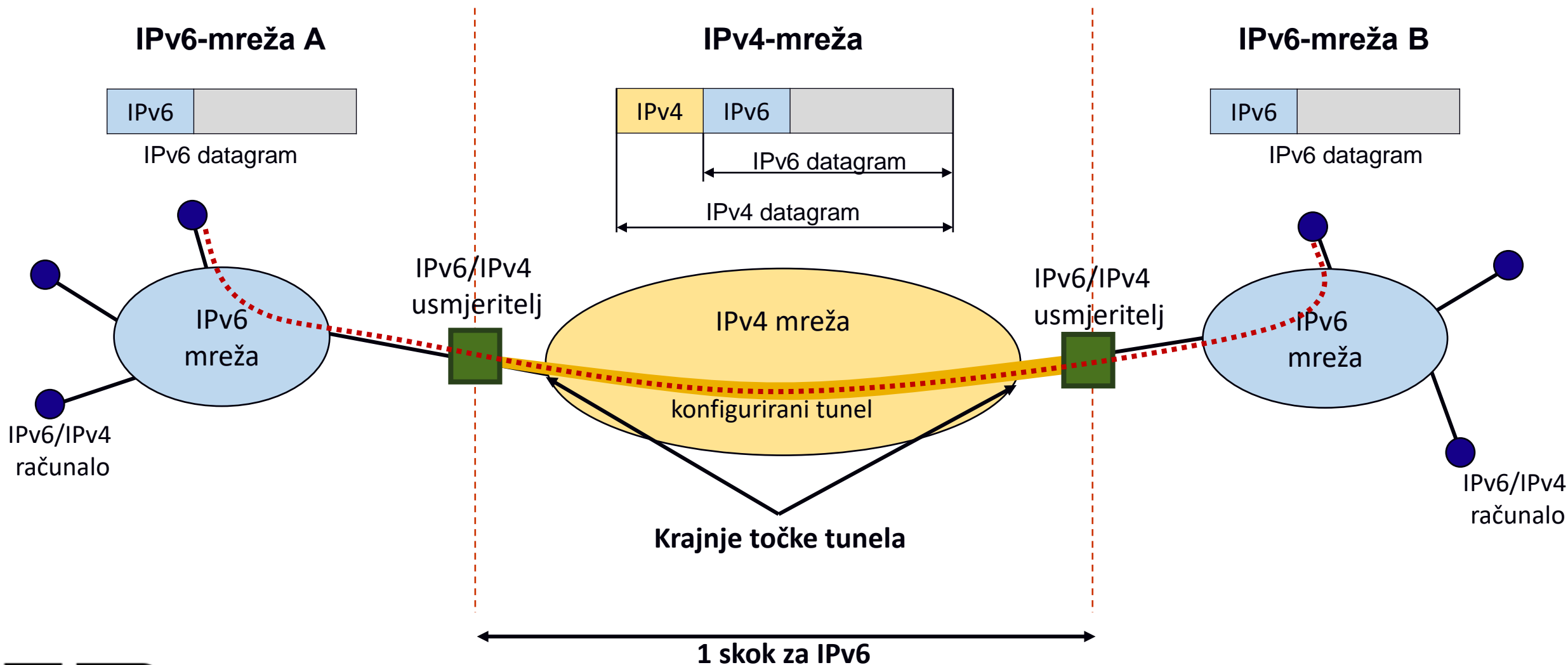
Konfigurirani tunel:

- Mrežni administrator „ručno“ konfigurira tunel, tj. određuje njegov početak i kraj te put(ove) kroz IPv4-mrežu

Automatski tunel:

- Krajnje točke tunela određuju se primjenom posebnih postupaka i adresa:
 - **6to4**
 - **ISATAP** (*Intra-Site Automatic Tunnel Addressing Protocol*) – primjena u intranetu
 - **Teredo** – primjena u mrežama s NAT (Network Address Translator)

Konfigurirani tunel usmjeritelj-usmjeritelj



Automatski tunel usmjeritelj-usmjeritelj „6to4” (1)

Adresa „6to4”:

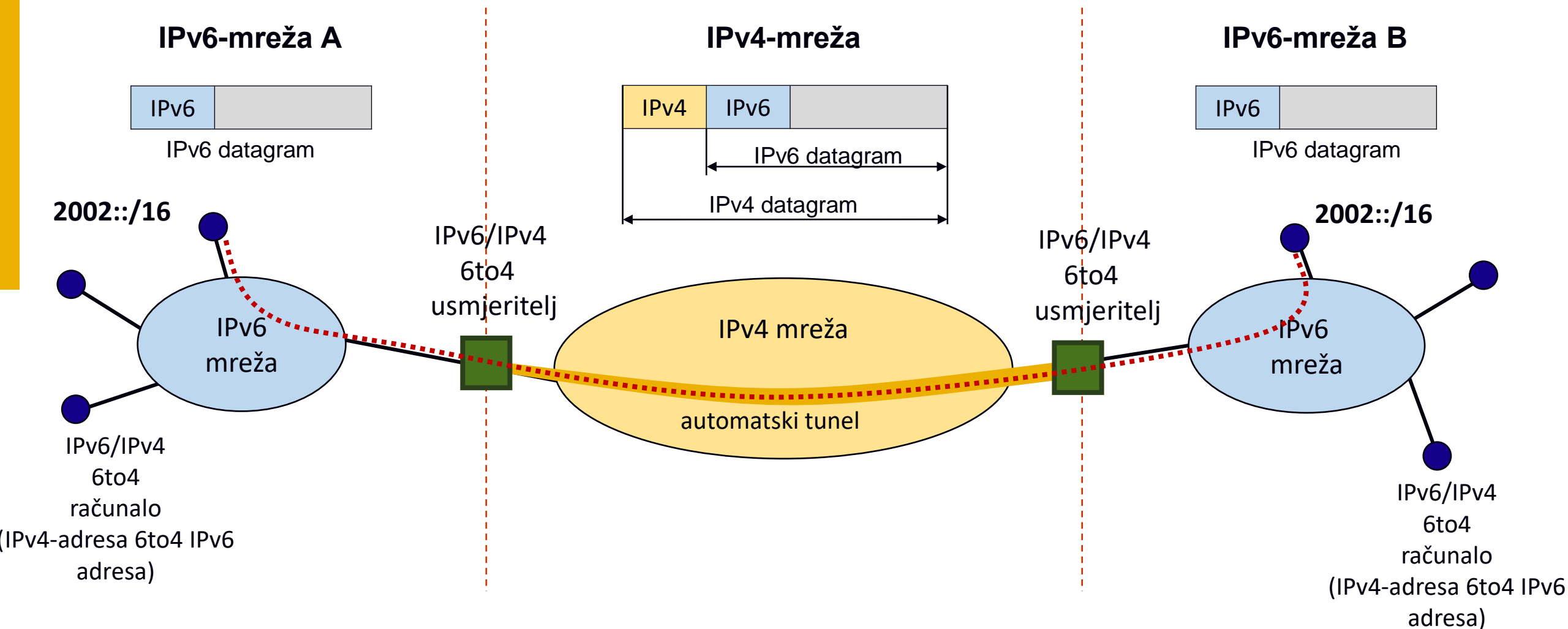
- Stvaranje globalnog adresnog prefiksa za IPv6/IPv4-čvor

16 bita	32 bita	16 bita	64 bita
2002	WWXX.YYZZ	Subnet ID	Interface ID

IPv6 adresa počinje s 2002::/16

- primjer: 2002:WWXX:YYZZ::/48
 - WWXX:YYZZ je heksadekadski zapis javne IPv4-adrese w.x.y.z
 - IPv4-adresa: 131.107.0.1. (dekadski zapis)
 - IPv4-adresa: 836b:1 (heksadekadski zapis)
 - 6to4-adresa: 2002:836b:1::/48

Automatski tunel usmjeritelj-usmjeritelj „6to4” (2)



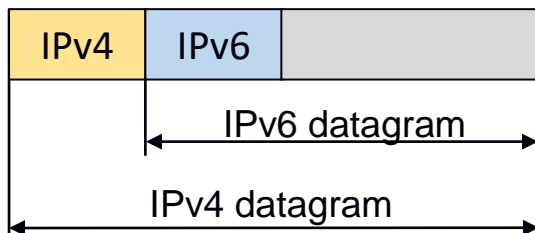
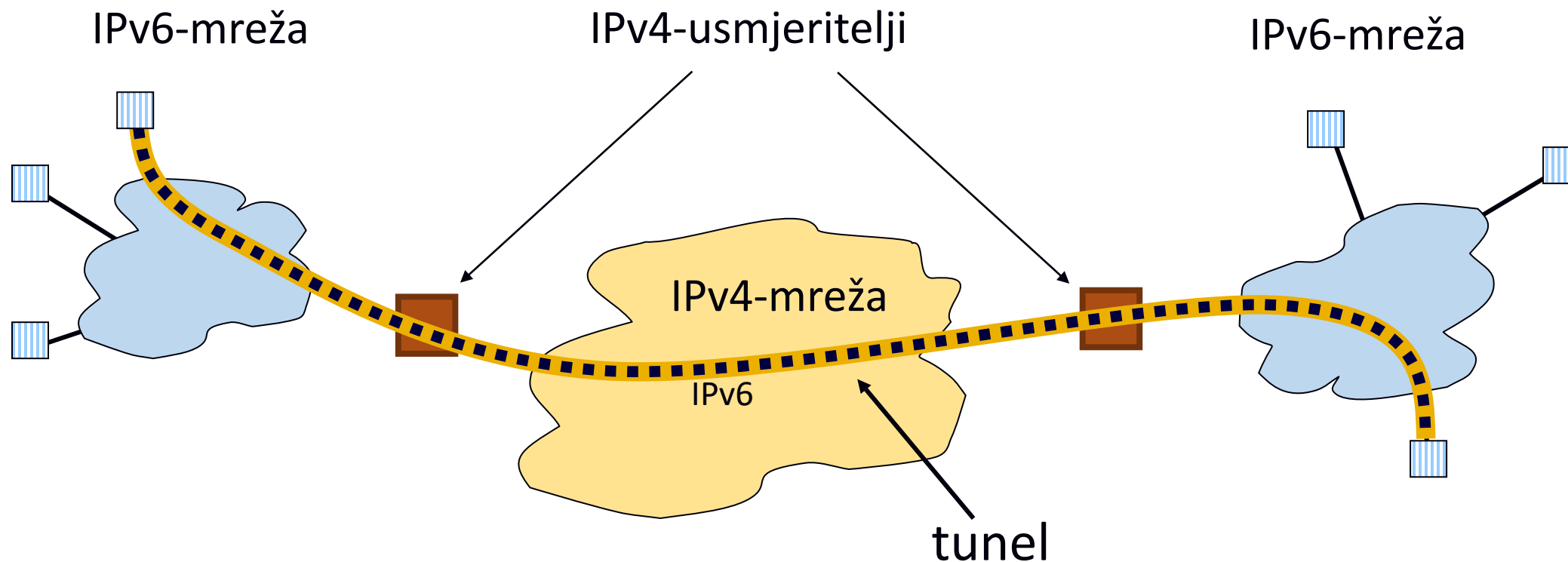
Postupno uvođenje IPv6

Suživot IPv4 i IPv6:

- prevladavajući protokol IPv4
 - IPv6-mreže komuniciraju putem IPv4-mreže s usmjeriteljima koji ne podržavaju IPv6 (IPv4-usmjeritelji)
 - IPv6-mreže komuniciraju putem IPv4-mreže s usmjeriteljima koji podržavaju IPv6 (IPv6/IPv4-usmjeritelji)
- prevladavajući protokol IPv6
 - IPv4-mreže („otoci s IPv4”) komuniciraju putem IPv6 mreže

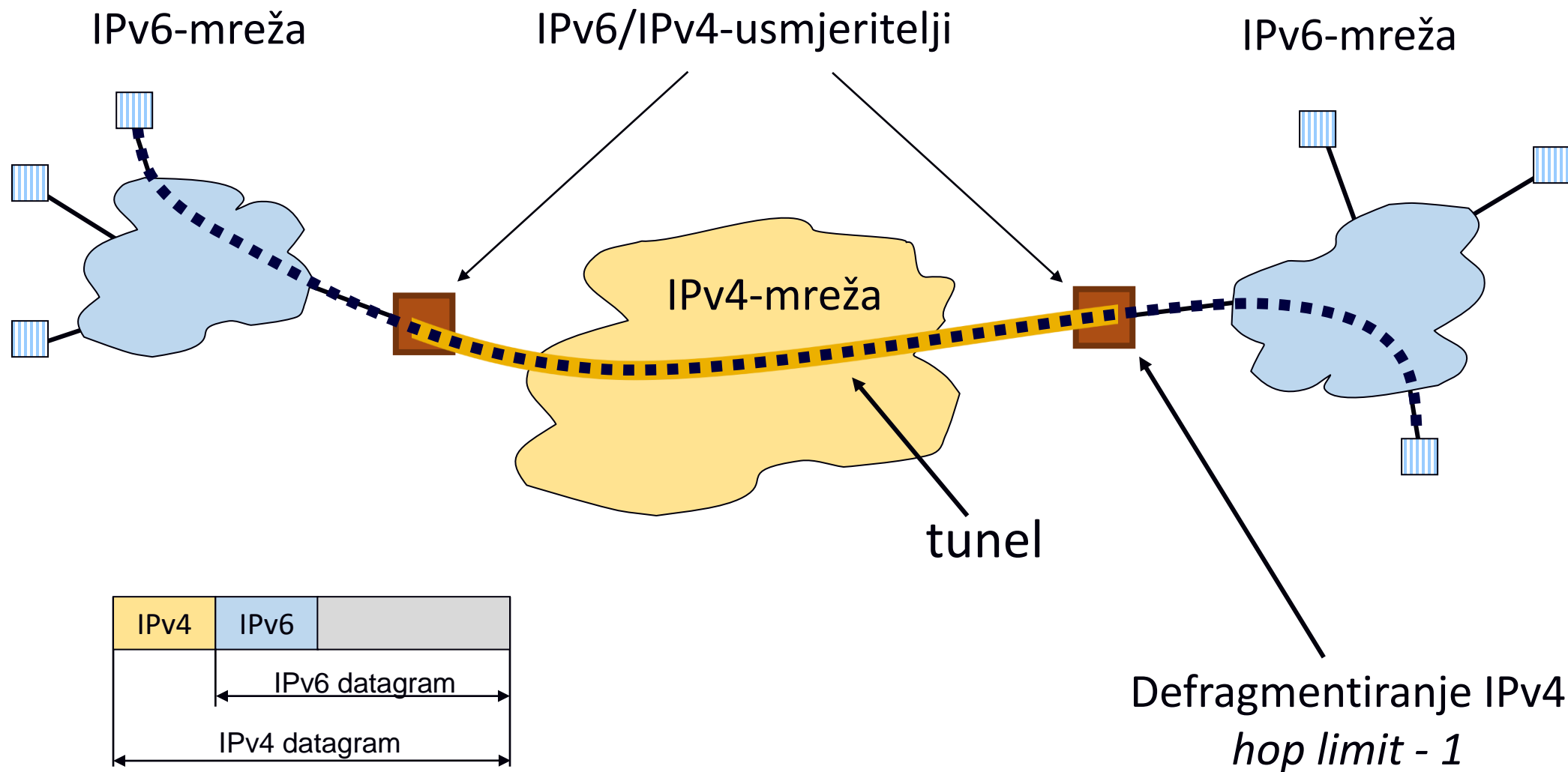
Konačno rješenje s IPv6

Suživot IPv4 i IPv6 (1)

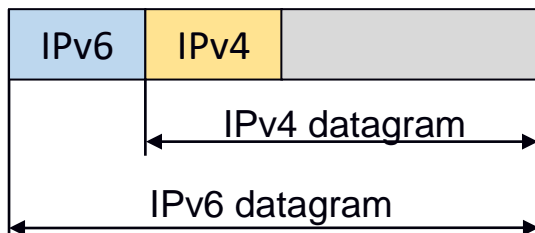
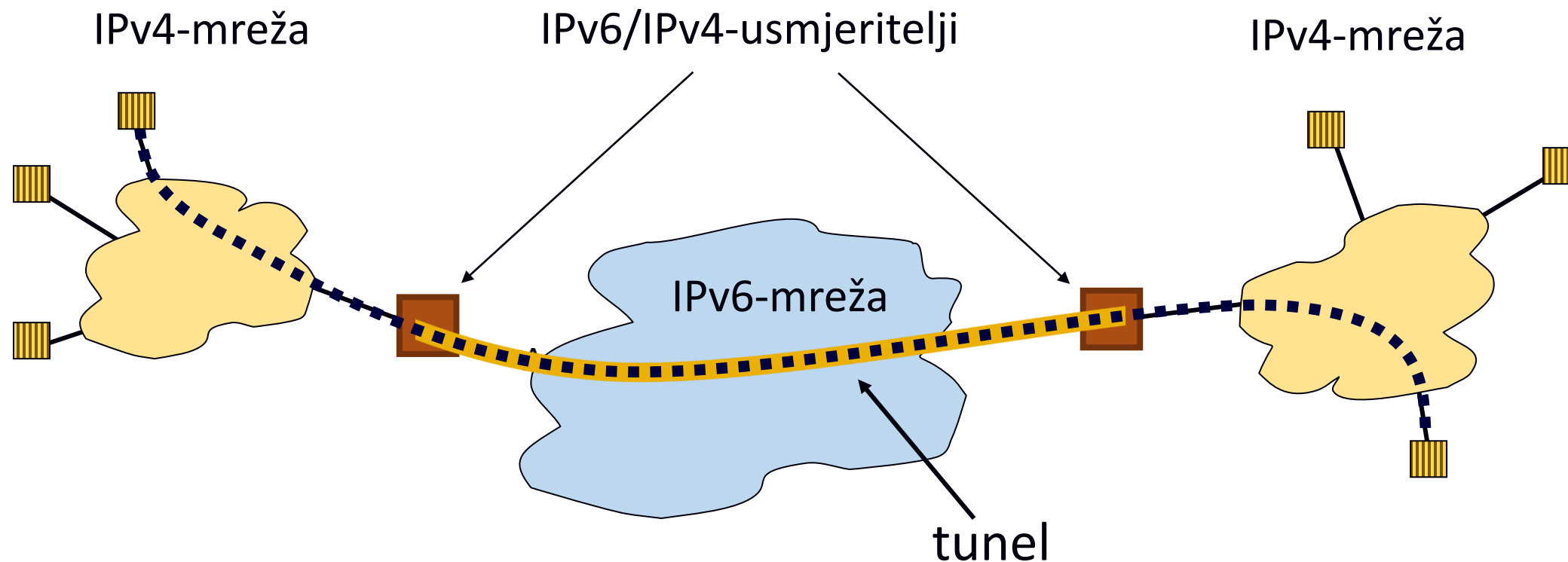


**Na kojoj je relaciji
uspostavljen tunel?**

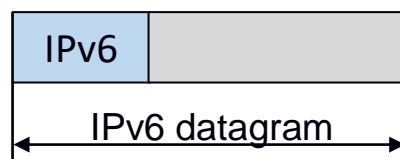
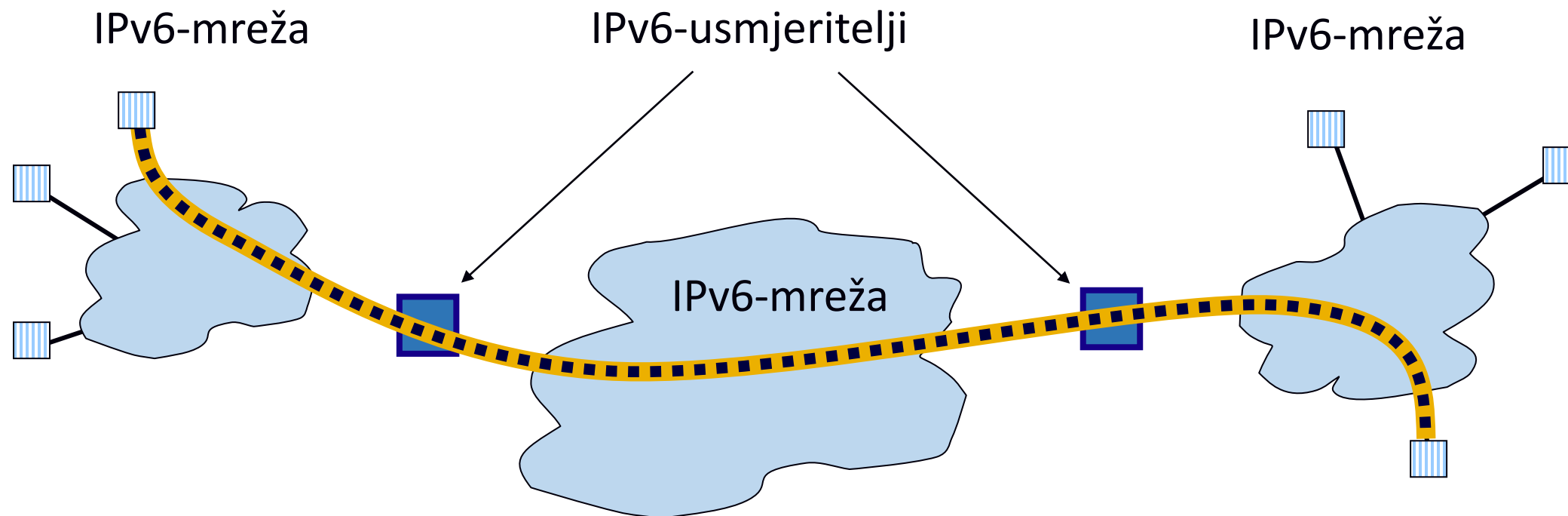
Suživot IPv4 i IPv6 (2)



Suživot IPv4 i IPv6 (3)



Konačno rješenje s IPv6



Nema tuneliranja!

Zadaci (1)

- Istražite može li se odabranom sjedištu weba pristupiti protokolom IPv6 i analizirajte performance poslužitelja.
- Istražite može li vaše računalo/pametni telefon prihvatiti informacijski promet iz mreže s protokolom IPv6.
- Istražite kako se razmjenjuje internetski promet između davatelja internetskih usluga, posebice u Hrvatskoj i osposobljenost za IPv6.
- Istražite kada i kako se primjenjuje tranzicijski postupak tuneliranja *Teredo*.

Zadaci (2)

- Predočite grafički situacije u kojima se provodi tuneliranje kroz IPv4-mrežu na putu između dva IPv6/IPv4-računala na ovim relacijama:
 - računalno-usmjeritelj
 - usmjeritelj-računalno

i navedite izvorišne i odredišne adrese u zaglavljima datagrama.

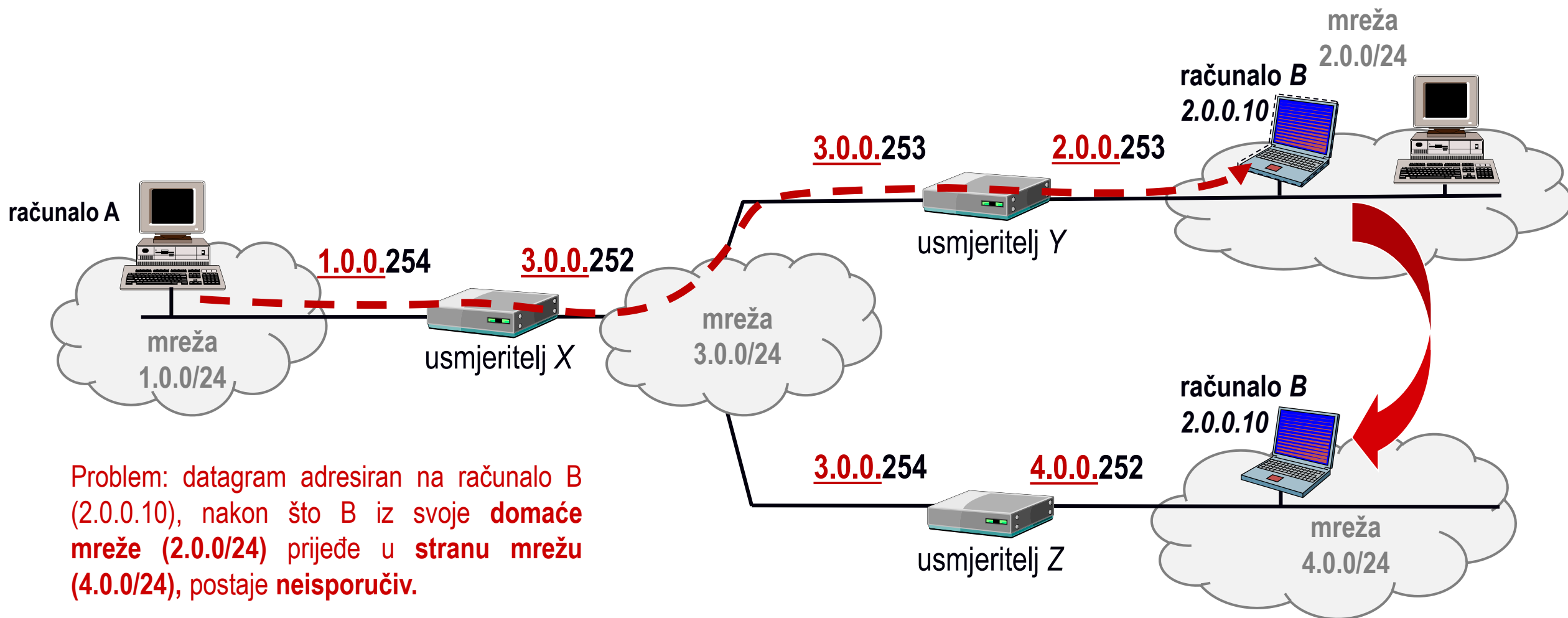
- Kakve se pretvorbe trebaju obaviti i gdje da bi računalno koje raspolaže samo protokolom IPv4 moglo komunicirati s računalom koje raspolaže samo protokolom IPv6?

Pokretljivost u IP mreži

“Klasični” Internet (bez pokretljivosti)

- IP-adresa globalno i jednoznačno označuje sučelje računala, odn. usmjeritelja
- protokoli usmjeravanja usmjeravaju datagrame na temelju određene adrese:
 - računala čije adrese pripadaju istoj podmreži izravno izmjenjuju datagrame
 - računala čije adrese pripadaju različitim podmrežama izmjenjuju datagrame koristeći niz usmjeritelja na putu od izvora do odredišta
- odluka o sljedećem usmjeritelju u donosi se na temelju mrežnog prefiksa

Kako utječe promjena točke priključka?



Zahtjevi na pokretljivost u Internetu

1. pokretni čvor mora moći komunicirati s drugim čvorovima nakon **promjene točke priključka**
2. pokretni čvor mora moći komunicirati uporabom svoje stalne **IP-adrese**, neovisno o trenutnoj točki priključka na Internet
3. pokretni čvor mora moći komunicirati s drugim čvorovima koji **nemaju uvedene funkcije pokretljivosti**
4. pokretni čvor **ne smije** biti izložen **dodatnim sigurnosnim rizicima** u odnosu na „fiksne” čvorove

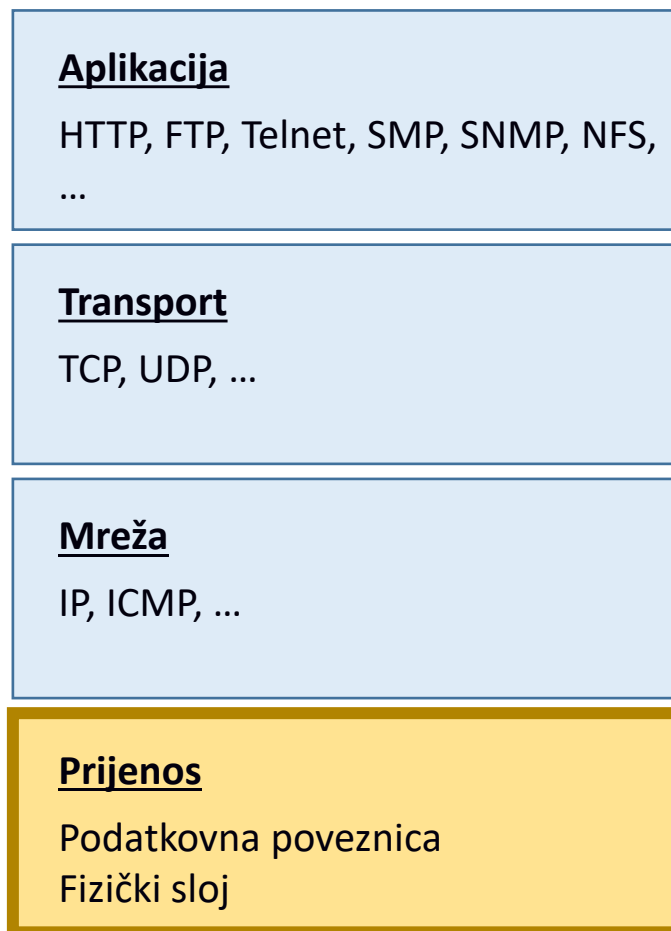
Rješenja: Mobile IP (IPv4) i Mobile IPv6

Usporedba IP - pokretni IP



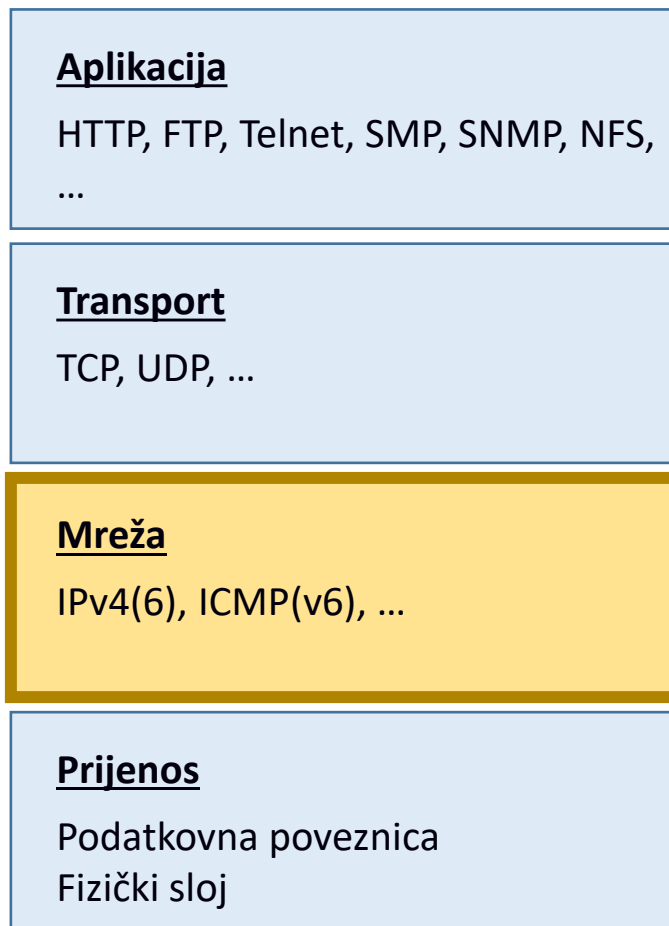
- “Klasični” IP:
 - pokretni korisnik/čvor zahtijevao bi promjenu IP-adrese, s posljedicama na transport i aplikacije
- Pokretni IP:
 - zadržati stalnu IP-adresu
 - uvođenje novih funkcijskih entiteta i trenutne adrese
 - ne mijenjati programsku podršku u usmjeriteljima

Pokretni IP - prijenos



- Fizički sloj
 - žično/bežično
- Podatkovna poveznica
 - promjena priključne točke (*handoff, handover*)
 - više terminala na istoj priključnoj točki (*hidden terminal*)
 - otkrivanje susjeda (*neighbor discovery*)
 - kompresija i sigurnost

Pokretni IP - mreža



Pokretljivost u mrežnom sloju

Mobile IPv4: proširenje protokola IPv4

Mobile IPv6: rješenje u okviru
protokola IPv6

- identifikacija čvora i mreže
- određivanje priključne točke
- usmjeravanje datagrama prema „pravom” odredištu

Mobile IP

Mobile IP - adrese

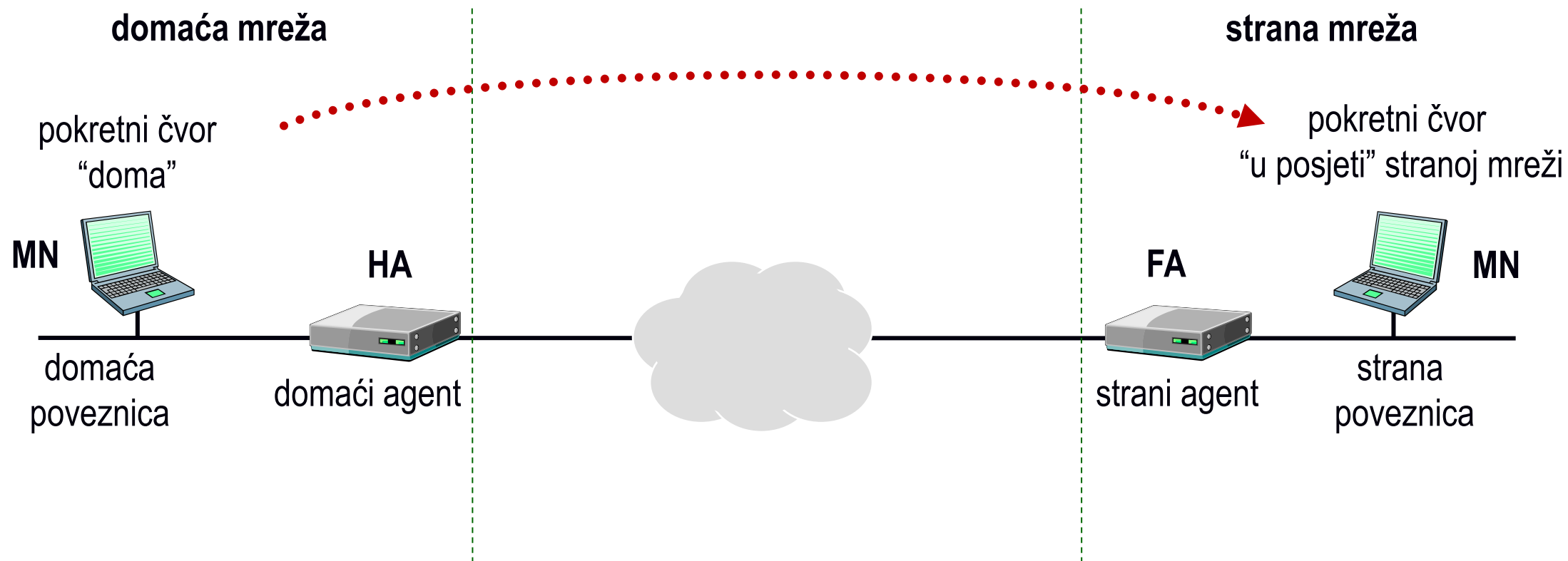
Domaća adresa (*home address*)

- IP-adresa stalno dodijeljena pokretnom čvoru, koja se ne mijenja prigodom kretanja čvora

Trenutna adresa (*care-of address*)

- IP-adresa dodijeljena pokretnom čvoru kad je priključen u stranoj mreži preko neke posjećene točke priključka
 - jednoznačno je određena za svaku točku priključka
 - mijenja se pri promjeni točke priključka
 - odredišna je za datagrame namijenjene pokretnom čvoru

Mobile IP - funkcijski entiteti

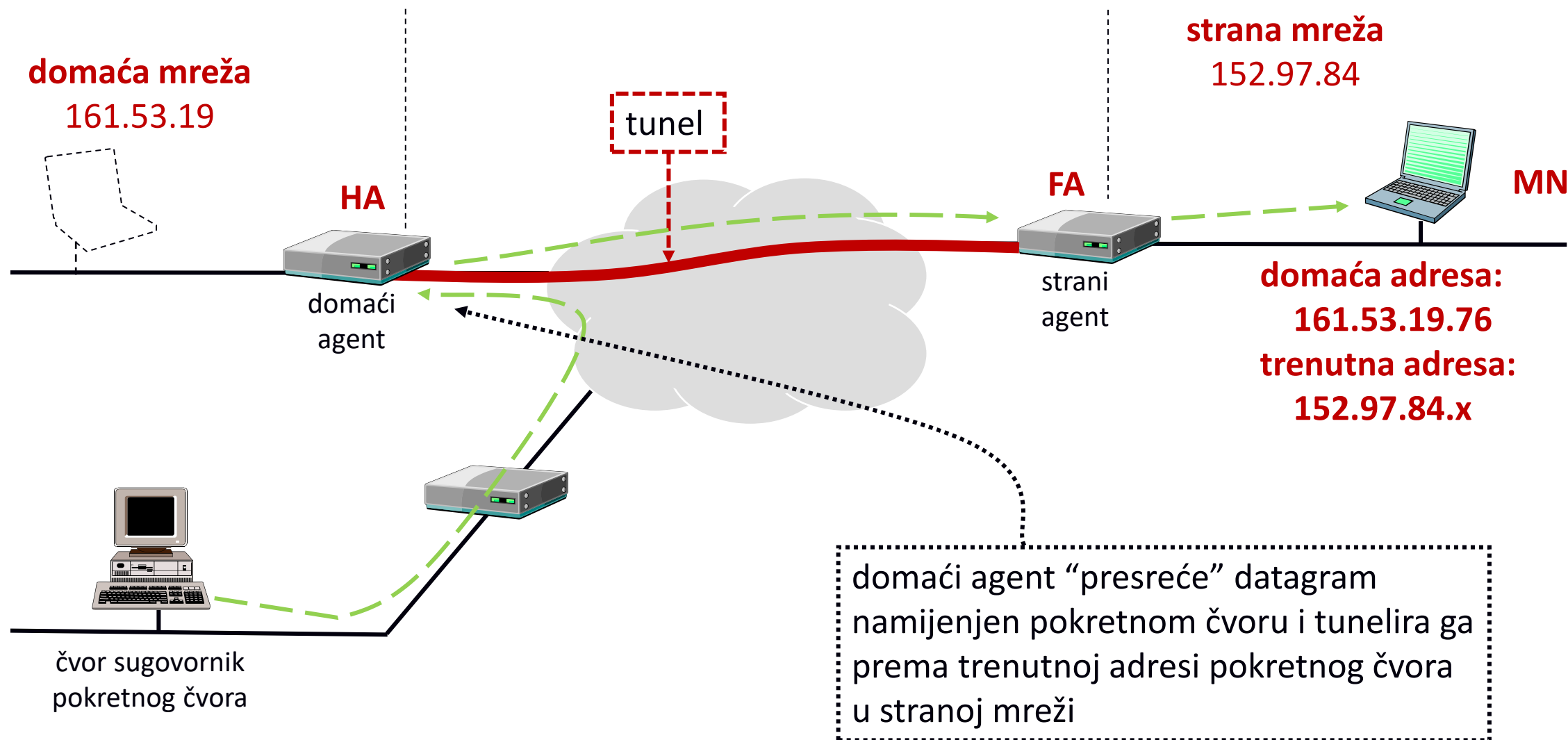


pokretni čvor (*Mobile Node*, MN)

domaći agent (*Home Agent*, HA)

strani agent (*Foreign Agent*, FA)

Mobile IP – tuneliranje do strane mreže

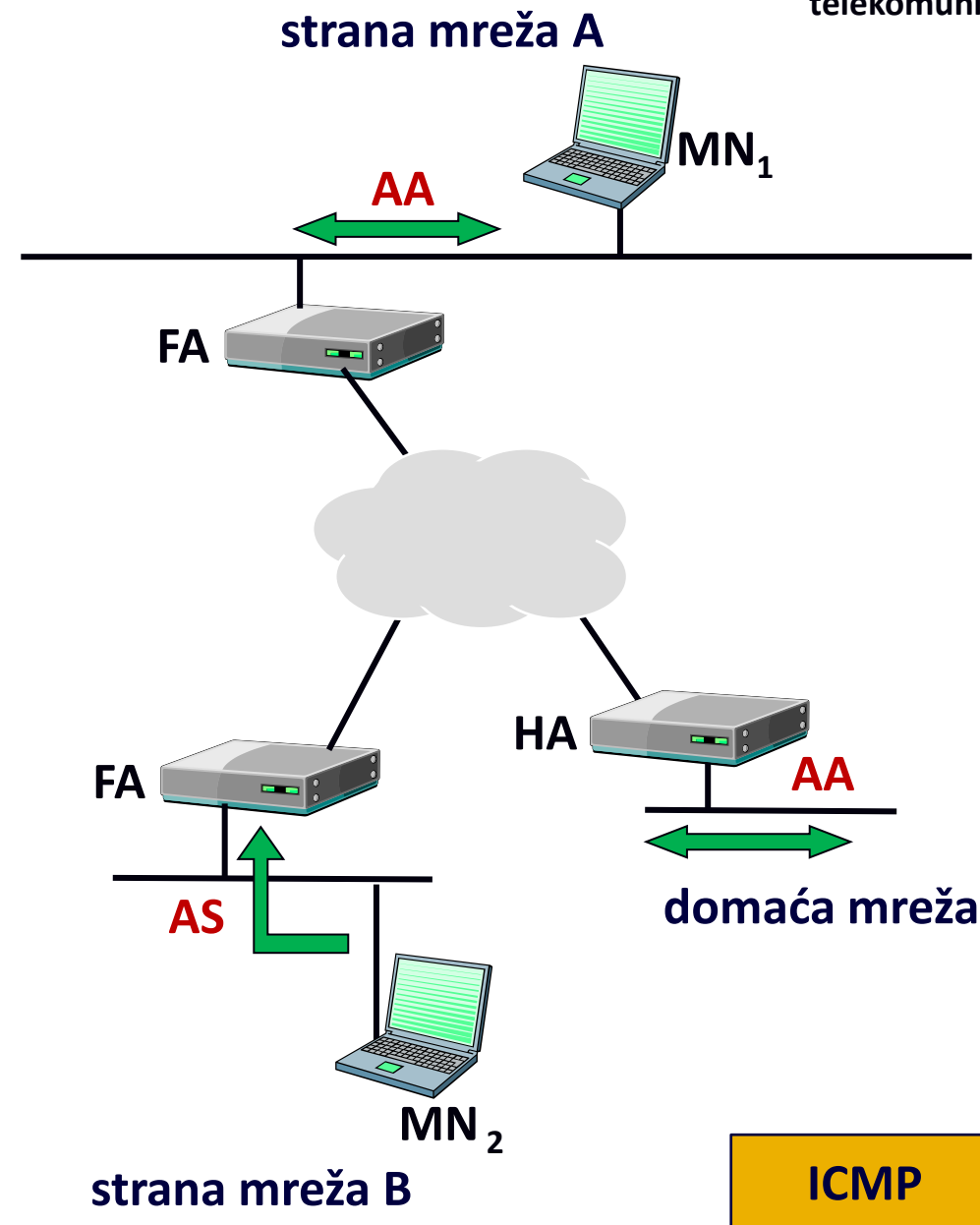


Procedure pokretnog čvora

- **Otkrivanje agenta (*Agent Discovery*)**
 - Čvor određuje je li spojen na domaću ili stranu poveznicu
 - Čvor utvrđuje je li promijenio poveznicu
 - Čvor dobiva trenutnu (*care-of*) adresu kad promijeni poveznicu
- **Registracija (*Registration*)**
 - Čvor zahtijeva uslugu usmjeravanja od stranog agenta na stranom linku
 - Čvor obavještava domaćeg agenta o svojoj trenutnoj adresi
 - Čvor periodički obnavlja registraciju
 - Čvor se de-registrira pri povratku na domaću poveznicu

Otkrivanje agenta

- **Oglašavanje agenta (AA - *Agent Advertisement*)**
 - svaki agent periodički odašilje AA-poruke na sve poveznice za koje služi kao domaći agent ili strani agent
 - pokretni čvor MN_1 ustanovljava prisutnost agenta
- **Traženje agenta (AS - *Agent Solicitation*)**
 - pokretni čvor MN_2 odašilje AS-poruke da bi potaknuo agenta(e) na AA



Poruke AS i AA

Agent Solicitation Message

IP Header	Time to Live = 1 Home Address
ICMP Router Solicitation	

Agent Advertisement Message

IP Header	
ICMP Router Advertisement	Lifetime Router Address
Mobility Agent Advertisement Extension	Care-of Address
Optional	Prefix

Format ICMP-poruka

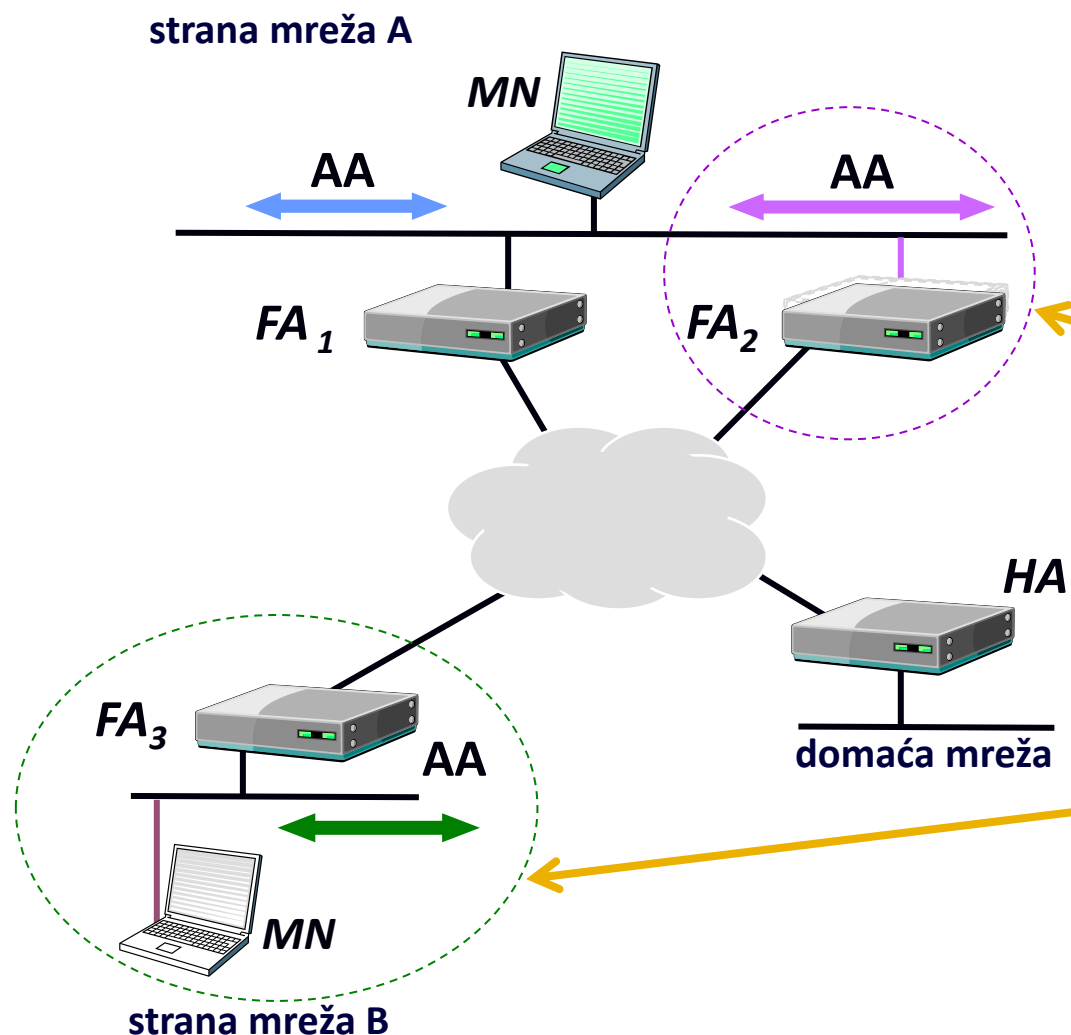
- ***Lifetime***
 - govori kada pokretni čvor može očekivati poruku
- ***Network Prefix***
 - izračunava se iz ***Router Address*** i ***Prefix*** u AA (različit za svaku poveznicu)

Utvrdjivanje promjene poveznice (1)

Pokretni čvor može pretpostaviti da je promijenio poveznicu:

- ako u vremenu određenom poljem ***Lifetime***, ne primi poruku AA od stranog agenta koji ga je do tada posluživao
- ako ispitivanjem mrežnog prefiksa na temelju polja ***Router Address*** i ***Prefix*** u poruci AA od drugog agenta utvrdi promjenu poveznice.

Utvrđivanje promjene poveznice (2)



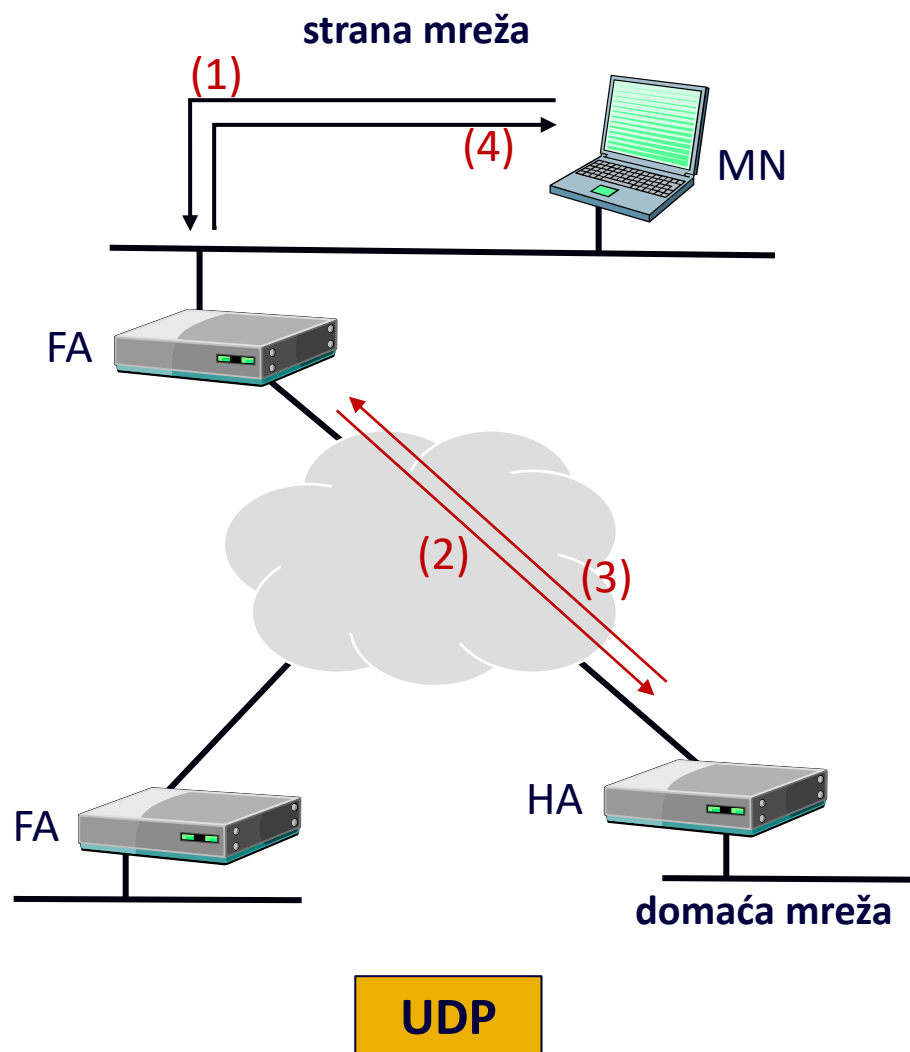
Ako MN primi AA od drugog stranog agenta, dvije su mogućnosti:

1. isti mrežni prefiks:
drugi agent na istoj poveznici (ostaje postojeća registracija)
2. novi mrežni prefiks:
promjena poveznice (ponovna registracija)

Problemi s otkrivanjem agenta

- Što ako je pokretni čvor priključen, ali ne primi AA niti nakon slanja nekoliko AS poruka?
 - **1. pretpostavka: MN se nalazi u domaćoj mreži** (a domaći agent ne radi, jer bi inače slao AA!)
Rješenje: Pokušaj komuniciranja s default usmjeriteljem na domaćoj poveznici (*ICMP Echo Request/Reply*). Ako pokušaj uspije, to potvrđuje pretpostavku.
 - **2. Pretpostavka: MN se nalazi u stranoj mreži** (a nema stranog agenta)
Rješenje A: Pokušaj dobivanja adrese od poslužitelja DHCP (*Dynamic Host Configuration Protocol*)
Rješenje B: Ručno konfiguriranje IP adrese

Registracija (1)



(1), (2) *Registration Request*

- pokretni čvor šalje registracijski zahtjev (koji sadrži trenutnu adresu) preko stranoga agenta do domaćeg agenta

(3), (4) *Registration Reply*

- domaći agent prihvaća ili odbija registraciju i šalje registracijski odgovor preko stranog agenta do pokretnog čvora

Postupak registracije moguć je bez stranog agenta (koristi se DHCP).

Registracija (2)

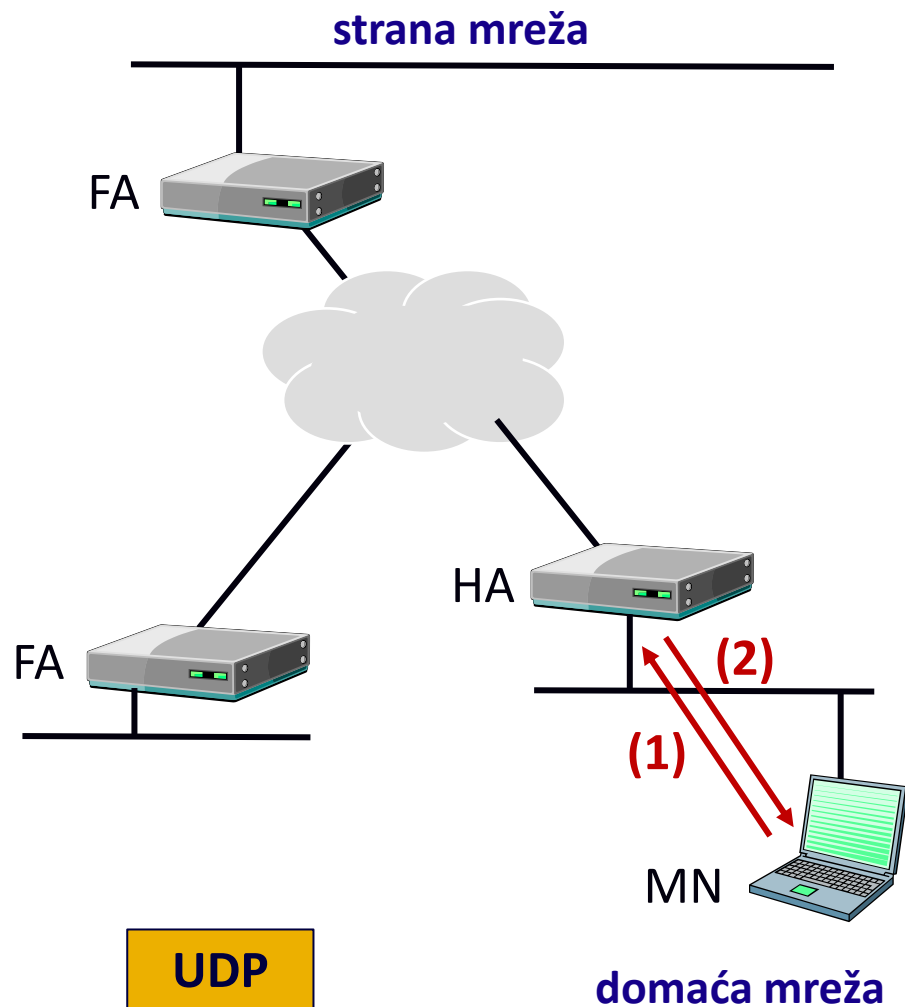
Registration Request

IP Header
UDP Header
Type: Reg. Request Lifetime(s) Home Address Home Agent Care-of Address Identification (Reg. Request) Security Exetension

Registration reply

IP Header
UDP Header
Type: Reg. Reply Code (Reg. Reply result) Lifetime(s) Home Address Home Agent Identification (Reg. Reply) Security Exetension

Deregistracija



(1) (de-)Registration Request

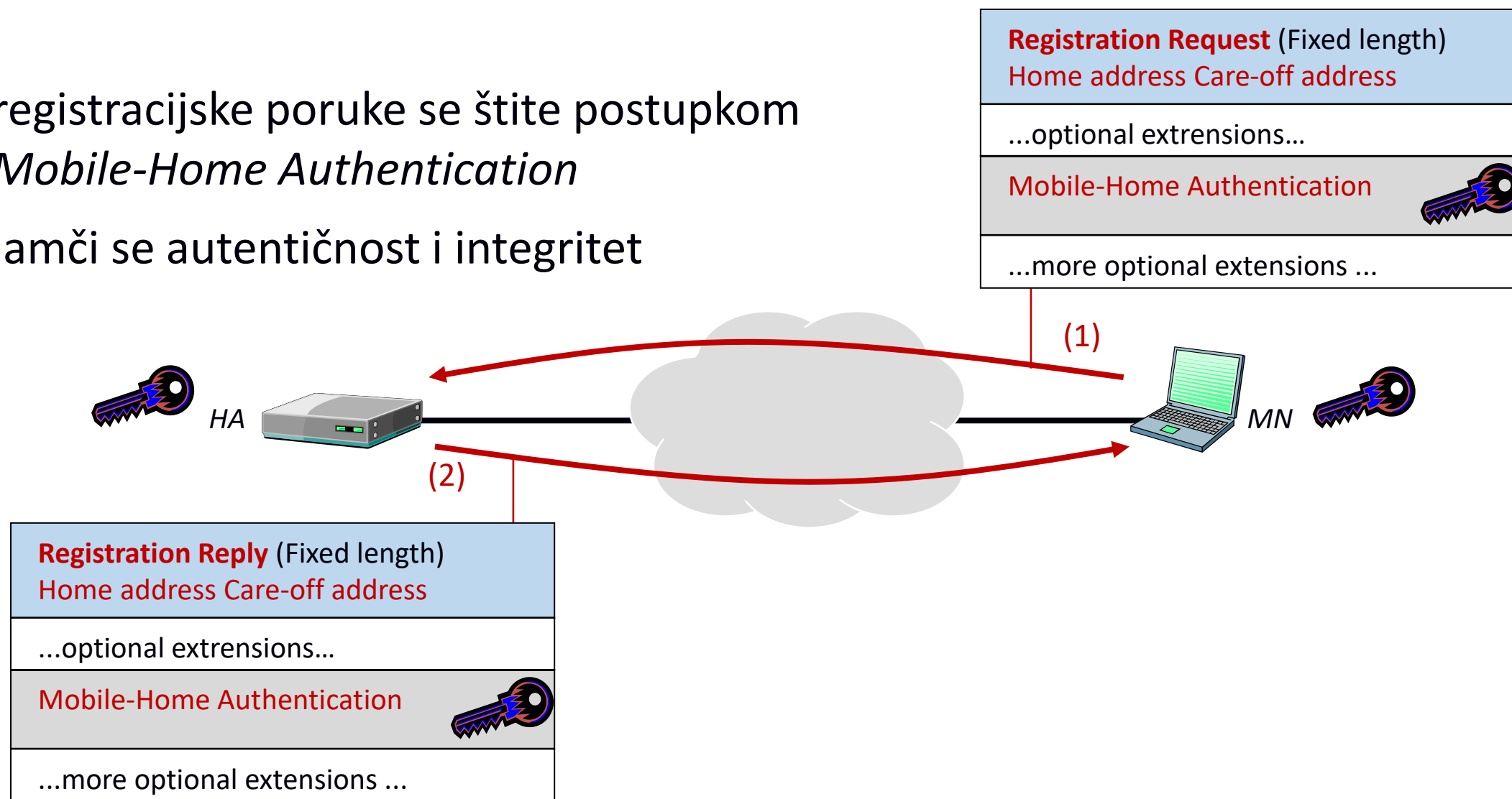
- pokretni čvor se prijavljuje domaćem agentu po povratku u domaću mrežu i time „briše” (deregistrira) trenutnu odn. *care-of* adresu

(2) (de-)Registration Reply

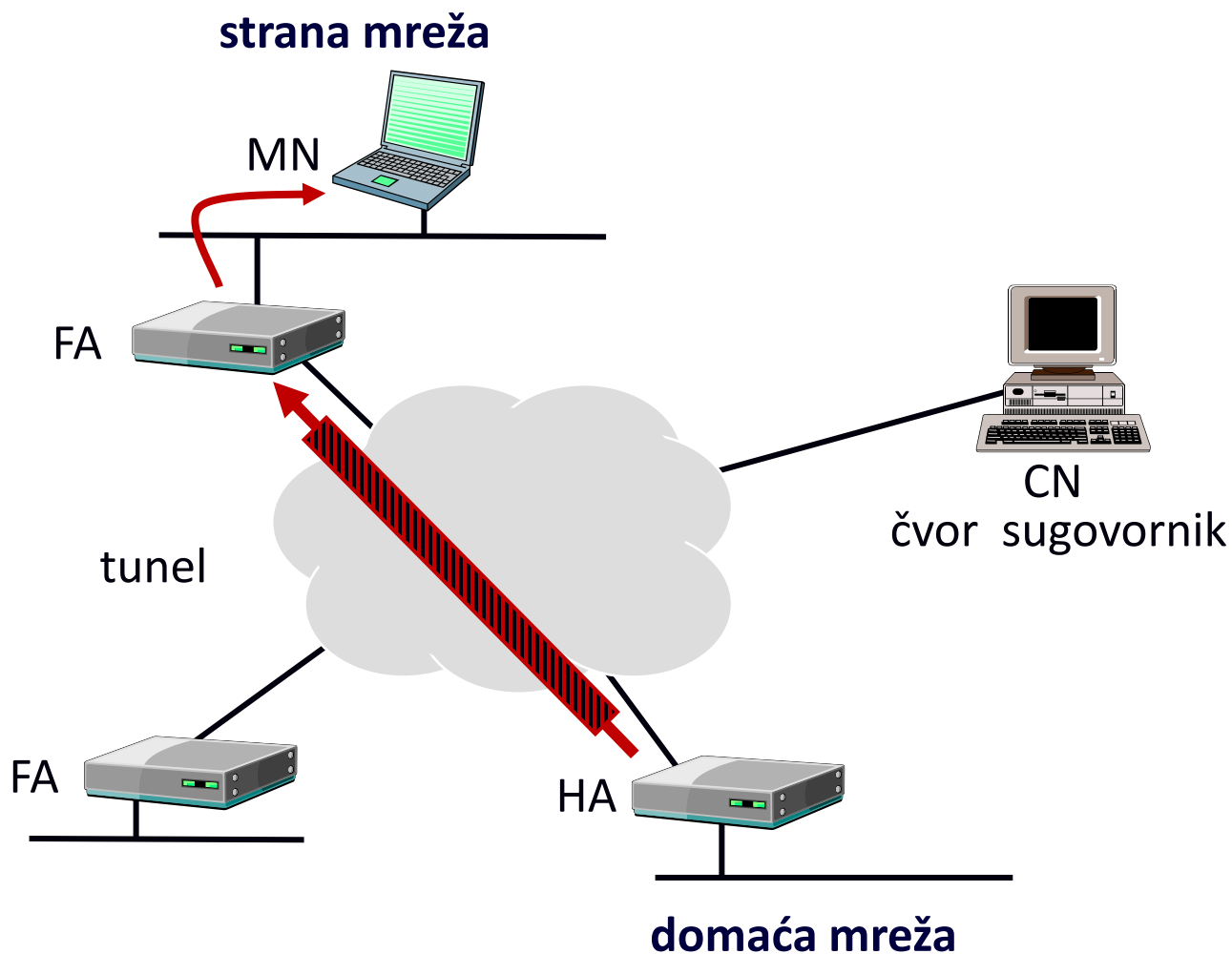
- domaći agent potvrđuje deregistraciju

Autentičnost i integritet registracijskih poruka

- registracijske poruke se štite postupkom *Mobile-Home Authentication*
- jamči se autentičnost i integritet



Usmjeravanje datagrama na pokretni čvor (CN-->MN)



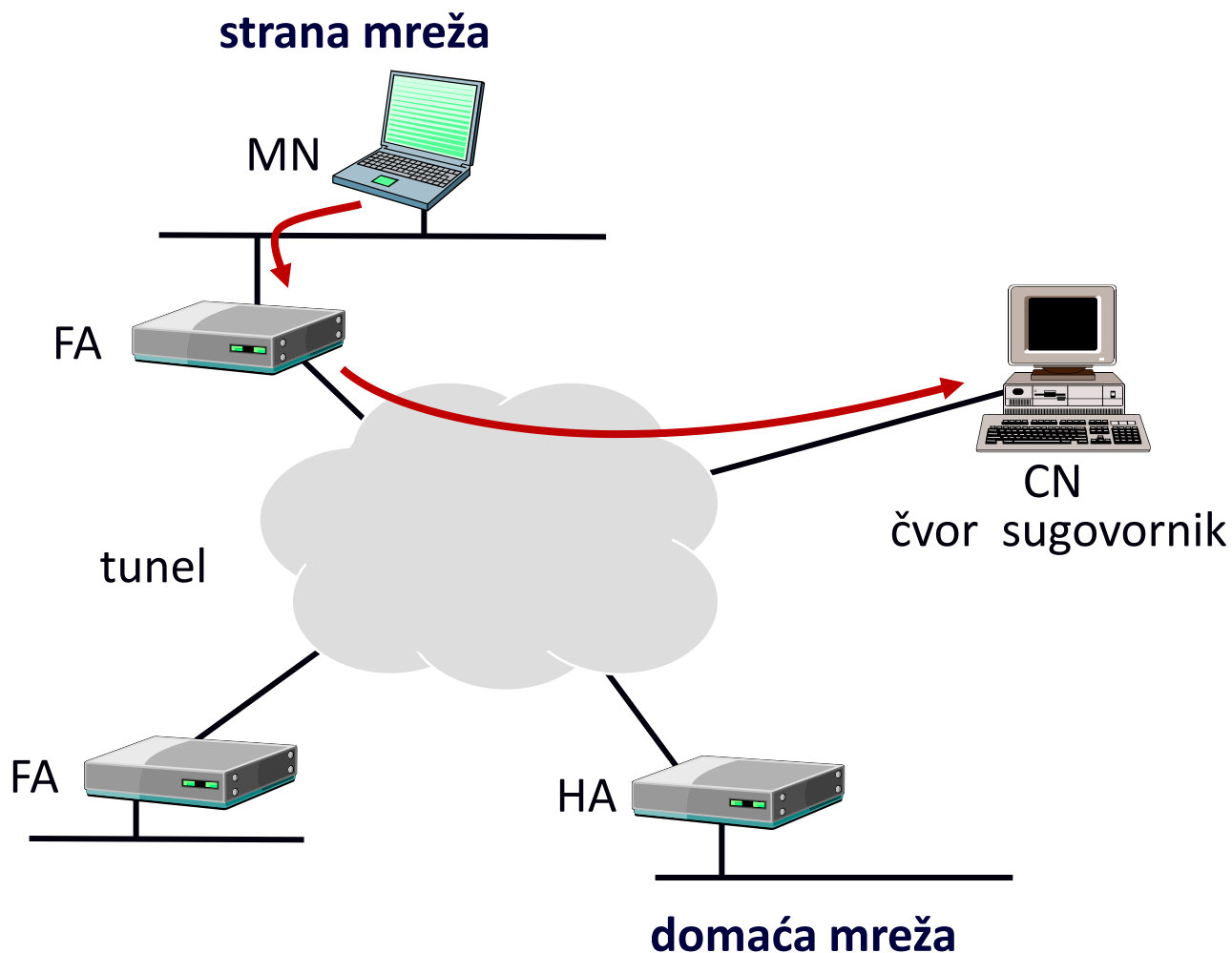
Domaći agent, HA

- presreće datagrame upućene na domaću adresu pokretnog čvora
- tunelira datagrame do stranog agenta

Strani agent, FA

- “otpakira” izvorne datagrame i isporučuje ih pokretnom čvoru

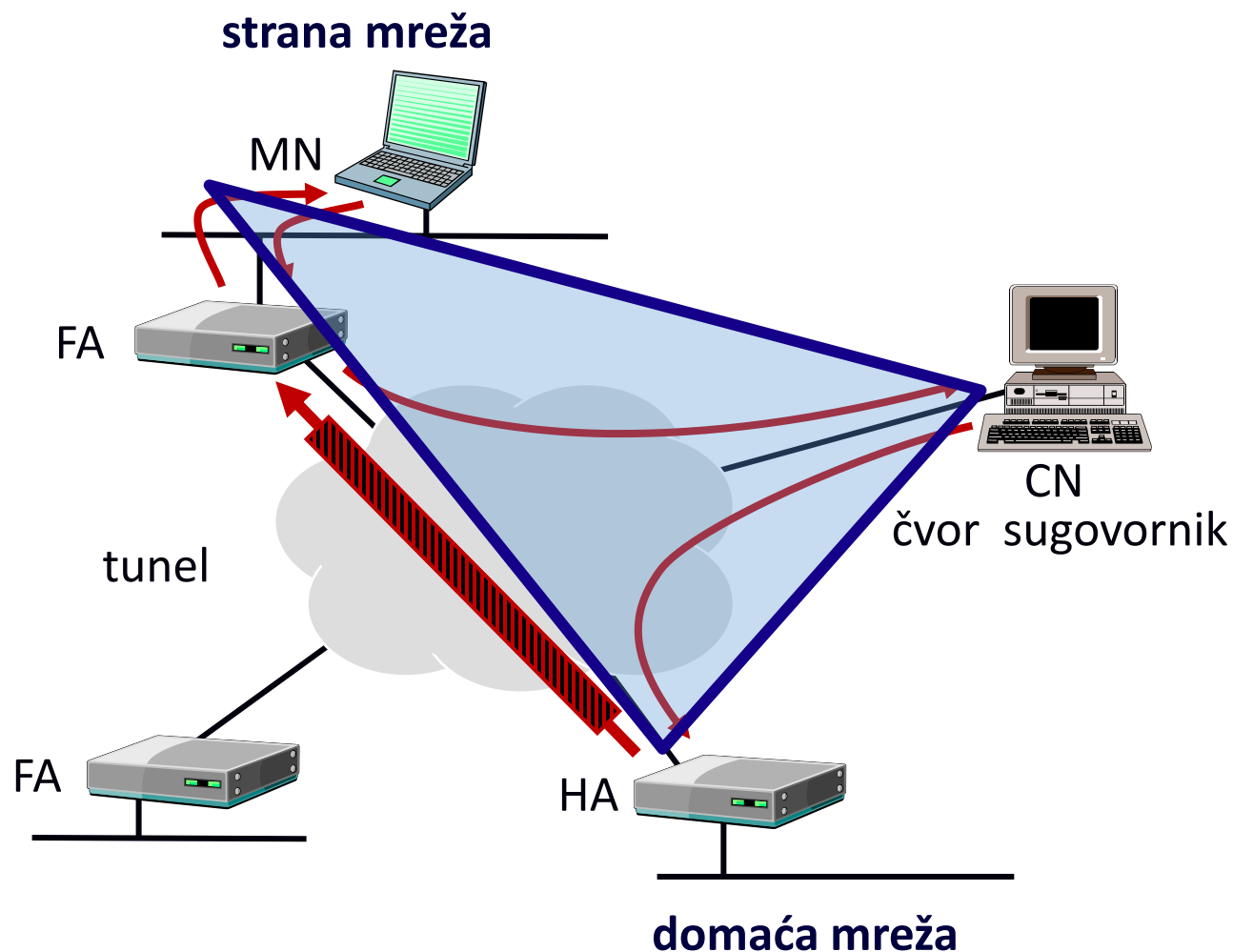
Odašiljanje datagrama s pokretnog čvora (MN-->CN)



Strani agent, FA

- samostalno usmjerava datagrame prema odredištu
- umjesto stranog agenta može se koristiti i neki drugi usmjeritelj naveden u poruci Agent Advertisement

Problem trokutastog usmjeravanja



- usmjeravanje u trokutu CN – HA – MN može se optimizirati
- važno posebice za slučaj kada je pokretni čvor „daleko” od domaćeg agenta, a „blizu” čvora sugovornika (u smislu broja skokova)

Mobile IPv6

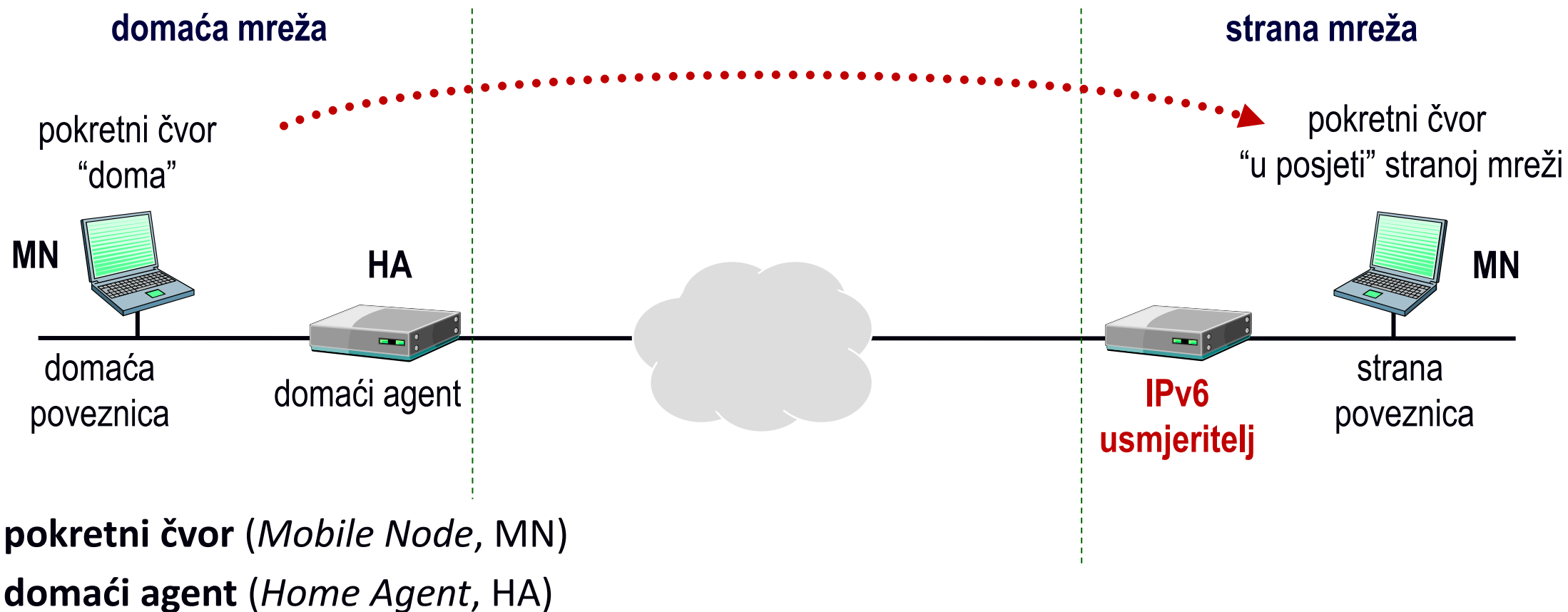
Mobile IPv6 – pregled (1)

- **Što je isto kao u Mobile IP?**
 - pokretni čvor, domaći agent, domaća i strana poveznica
- **Što je drukčije u odnosu na Mobile IP?**
 - adresiranje, pridjeljivanje domaće i trenutne adrese
 - nema stranog agenta - koristi se IPv6 usmjeritelj
- **Što je novo u odnosu na Mobile IP?**
 - čvor sugovornik (*Correspondent Node*, CN) ima ugrađenu dodatnu funkcionalnost radi optimizacije usmjeravanja
 - *anycast* adresiranje pojednostavljuje komunikaciju s jednim domaćim agentom (ako ih ima više)
 - optimizacija puta je integralni dio specifikacije (rješenje za „trokutasto usmjeravanje”)
 - zaštita podataka u IPv6 (IPsec)

Mobile IPv6 – pregled (2)

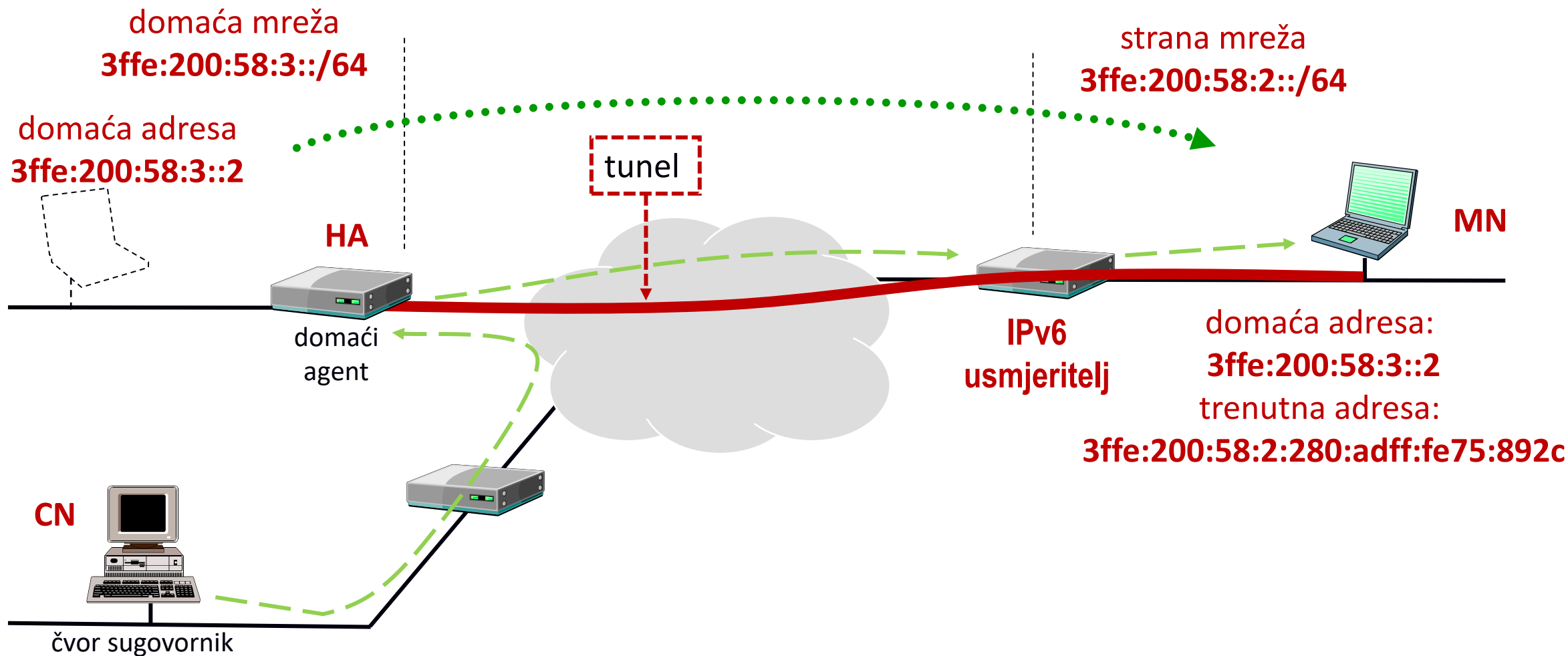
- funkcijski entiteti: HA, MN, CN
- dodatno zaglavlje pokretljivosti (*Mobility Header*):
 - registracija i optimizacija usmjeravanja
- dodatno zaglavlje usmjeravanja (*Routing Header*):
 - izravno usmjeravanje CN – MN (trenutna adresa)
- dodatno zaglavlje namijenjeno odredištu (*Destination Option Header*):
 - dojava stalne adrese MN-a
- ICMP-poruke za otkrivanje domaćeg agenta, dobivanje mrežnog prefiksa
- dodatne podatkovne strukture: povezivanje trenutne i stalne adrese

Mobile IPv6 - funkcijski entiteti



Nema stranog agenta, koristi se IPv6 –usmjeritelj!

Mobile IPv6 - način rada (1)



čvor sugovornik (Correspondent Node, CN)

Mobile IPv6 - način rada (2)

Postupak:

1. pokretni čvor (MN) otkriva promjenu točke priključka/poveznice - nalazi se u stranoj mreži
2. MN autokonfigurira trenutnu adresu u stranoj mreži
3. MN postupkom povezivanja registrira trenutnu adresu kod domaćeg agenta (HA) porukama u dodatnom zaglavlju pokretljivosti (*Mobility Header*)
4. omogućena izmjena paketa između MN i čvora sugovornika (CN)
5. provodi se optimizacija usmjeravanja

Otkrivanje usmjeritelja i utvrđivanje promjene poveznice (1)

Mobile IPv6 koristi protokol otkrivanja susjeda (Neighbor Discovery Protocol, NDP) za interakciju s čvorovima priključenim na istu poveznicu porukama:

- **traženje/pobuđivanje usmjeritelja (*Router Solicitation*)**
 - višedredišna adresa na poveznici (*link-local*)
- **oglašavanje usmjeritelja (*Router Advertisement*)**
 - višedredišna adresa na poveznici (*link-local*) kod regularnog pseudo periodičkog oglašavanja (slučajni period)
 - jednodredišna adresa čvora kod odgovora na *Router Solicitation*

Zašto multicast?

Sličnost s postupkom otkrivanja agenta kod Mobile IP!

Otkrivanje usmjeritelja i utvrđivanje promjene poveznice (2)

- usmjeritelj periodički razaslije poruku Router Advertisement kojom oglašava da je raspoloživ i označava kad će se ponovno oglasiti (*Lifetime*) kao *default* usmjeritelj
- pokretni čvor osluškuje poruke Router Advertisement
- ako unutar određenog vremena (*Lifetime*) ne primi **Router Advertisement** od *default* usmjeritelja, pokretni čvor pretpostavlja da je promijenio poveznicu i prelazi na autokonfiguraciju trenutne adrese

Autokonfiguracija trenutne adrese

- pokretni čvor provodi autokonfiguraciju (*stateful* ili *stateless*) svoje nove adrese kada ustanovi da je promijenio točku priključka:
 - promijenio se *default* usmjerenik ili
 - premjestio se s jedne poveznice na drugu
- nova adresa koristi se kao trenutna adresa
- prefiks nove, trenutne adrese odgovara mrežnom prefiksu posjećene mreže

Povezivanje (1)

- postupak registracije kod MIPv6 naziva se **povezivanje (*Binding*)**
- postupak je u biti isti kao kod *MIPv4*, tj:
 - pokretni čvor registrira novu adresu kao trenutnu adresu kod domaćeg agenta
 - domaći agent potvrđuje registraciju
- **primjenjuje se dodatno zaglavlje pokretljivosti (*Mobility Header*) s porukama:**
 - ažuriranje povezanosti (*Binding Update*)
 - potvrda povezanosti (*Binding Acknowledgement*)
 - zahtjev za osvježavanje povezanosti (*Binding Refresh Request*)
 - domaća adresa (*Home Address*)

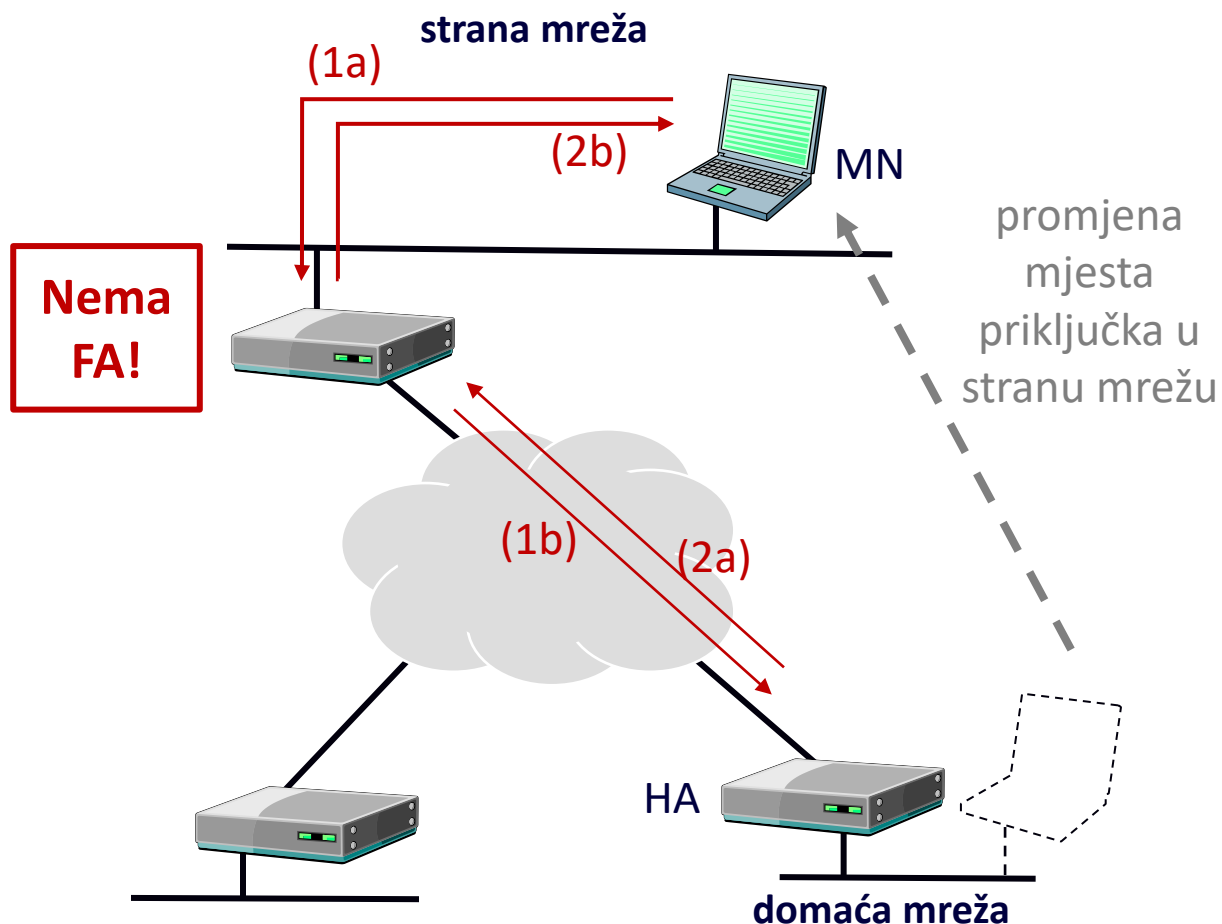
Gdje se postavlja ovo dodatno zaglavlje: iza/ispred kojeg zaglavlja?

Povezivanje (2)

Poruke dodatnog zaglavlja pokretljivosti:

- ***Binding Update***
 - poruka kojom pokretni čvor obavještuje domaćeg agenta o svojoj trenutnoj adresi
- ***Binding Acknowledgement***
 - poruka kojom domaći agent potvrđuje primljeni Binding Update
- ***Binding Refresh Request***
 - poruka sa zahtjevom bilo kojeg čvora (sugovornika pokretnog čvora) da mu pokretni čvor pošalje Binding Update za važeću trenutnu adresu
- ***Home Address***
 - poruka koju šalje pokretni čvor kao obavijest o svojoj domaćoj adresi

Povezivanje (3)



dodatno zaglavlje pokretljivosti

(1a-b) *Binding Update*

- ažuriranje povezanosti: pokretni čvor registrira trenutnu adresu kod domaćeg agenta

(2a-b) *Binding Acknowledgement*

- potvrda povezanosti: domaći agent šalje odgovor pokretnom čvoru

Dodatne podatkovne strukture

- svaki IPv6-usmjeritelj ima priručni spremnik pridruženih adresa (*Binding Cache*)
 - po primitku *Binding Update*, adresa se pohranjuje u spremnik
 - za svaki poslani paket se provjerava postoji li zapis o povezivanju u spremniku i, ako postoji, paket se usmjerava na trenutnu adresu, koristeći **IPv6 dodatno zaglavlje usmjeravanja (Routing Header)**
- svaki pokretni čvor ima popis svojih poslanih *Binding Update* poruka čija važnost nije istekla
- svaki pokretni čvor ima popis svih domaćih agenta za promatranu poveznicu

Usmjeravanje paketa (1)

Od CN prema MN:

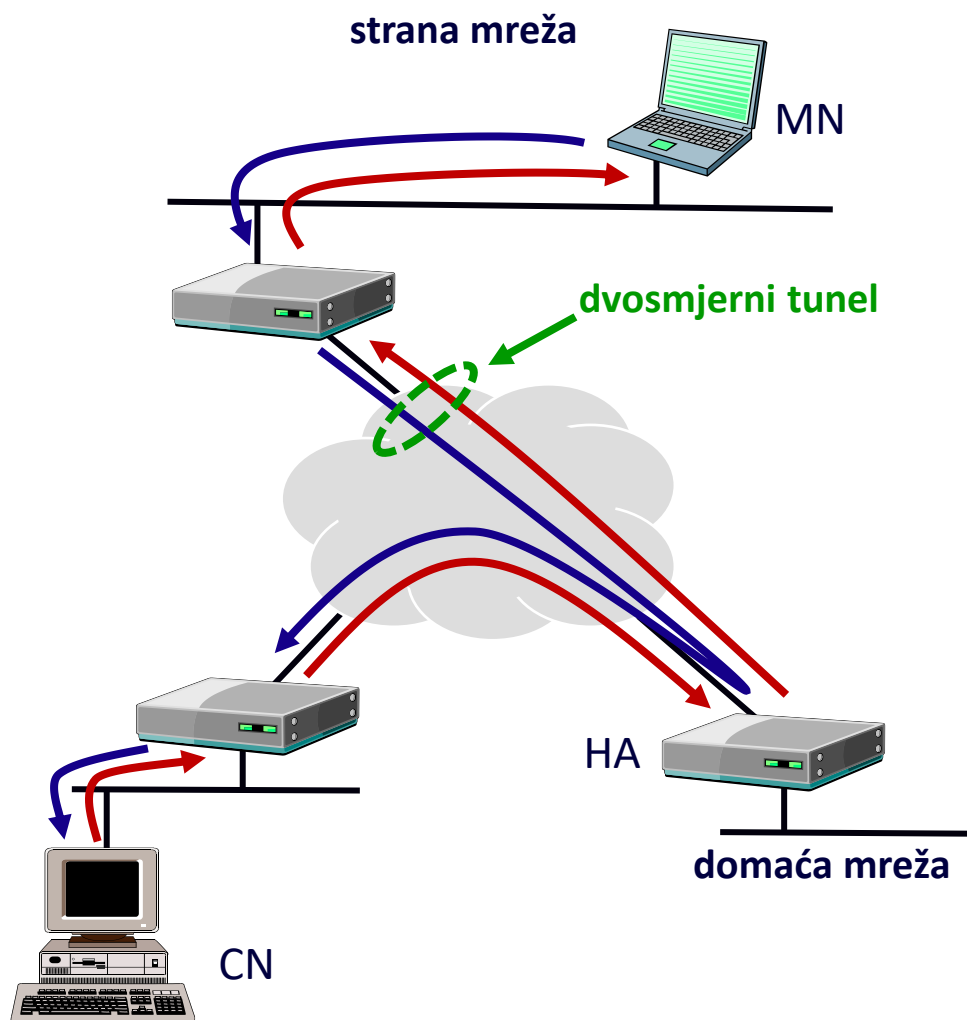
- domaći agent presreće pakete od čvora sugovornika adresirane na pokretni čvor i tunelira ih prema njegovoj trenutnoj adresi

Od MN prema CN:

- pokretni čvor pakete prema čvoru sugovorniku tunelira u suprotnom smjeru do svojeg domaćeg agenta koji ih dalje usmjerava do čvora sugovornika

Dvosmjerni tunel na relaciji HA-MN!

Usmjeravanje paketa (2)



Usmjeravanje sa čvora sugovornika na pokretni čvor:

- HA presreće datagrame adresirane na MN i tunelira ih prema MN

Usmjeravanje s pokretnog čvora na čvora sugovornika:

- istim tunelom u suprotnom smjeru

Neučinkovito, zašto?

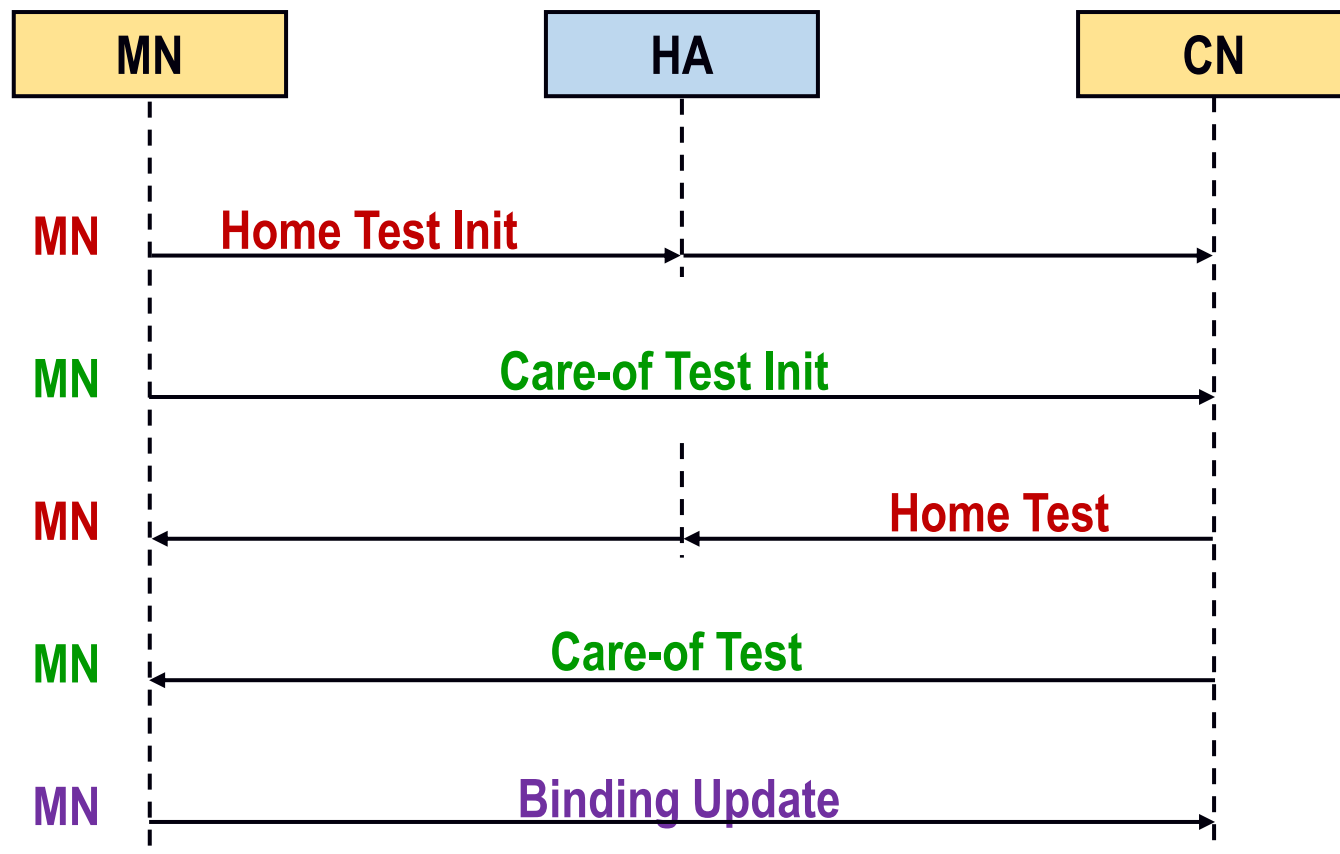
Optimizacija usmjeravanja paketa (1)

Postupak optimizacije upravljanja pokreće pokretni čvor nakon primitka paketa od čvora sugovornika:

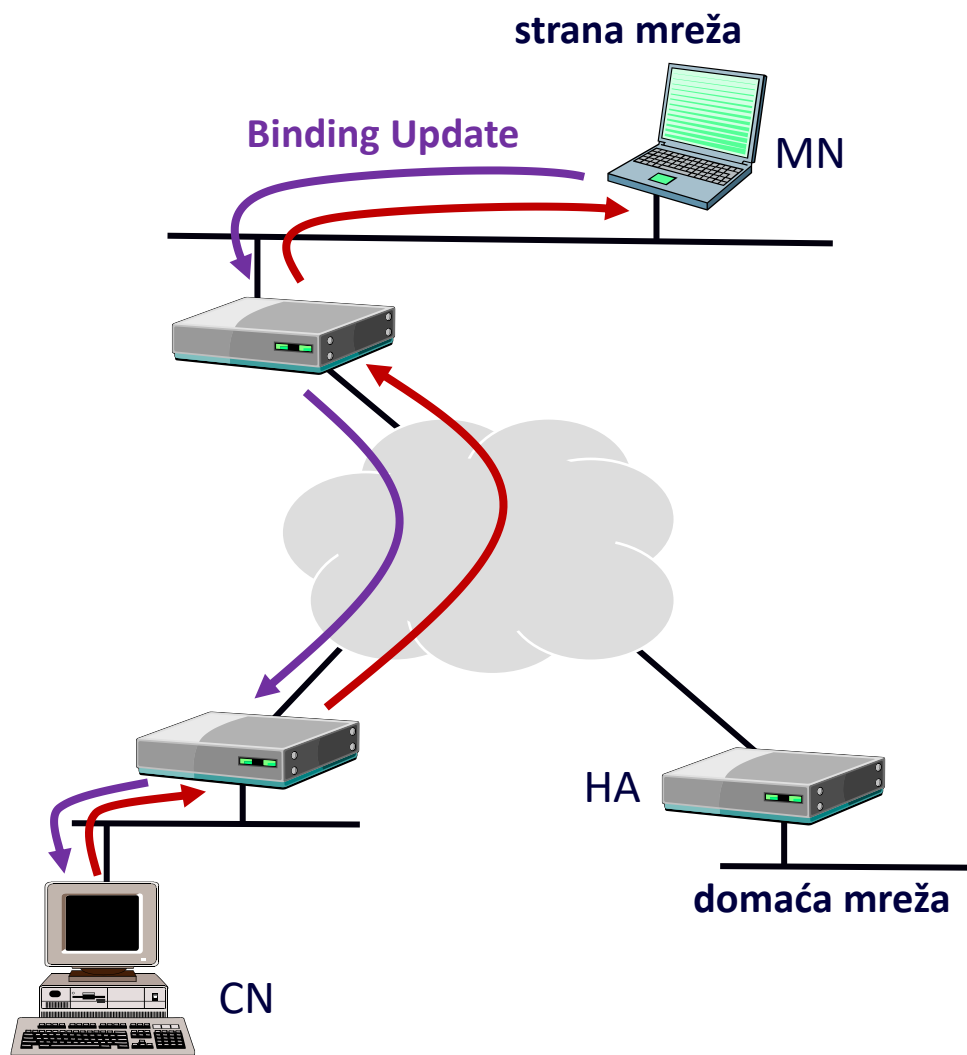
- MN šalje poruke prema CN:
 - pokreni test domaće adrese (*Home Test Init*, HoTI) – preko HA
 - pokreni test trenutne adrese (*Care-of Test Init*, CoTI) – izravno
- CN vraća poruke prema MN:
 - test domaće adrese (*Home Test Init*, HoT) – preko HA
 - test trenutne adrese (*Care-of Test Init*, CoT) – izravno

Po završenoj izmjeni poruka pokretni čvor šalje *Binding Update* čvoru sugovorniku – MN i CN su povezani, ne treba tunelirati!

Optimizacija usmjeravanja paketa (2)

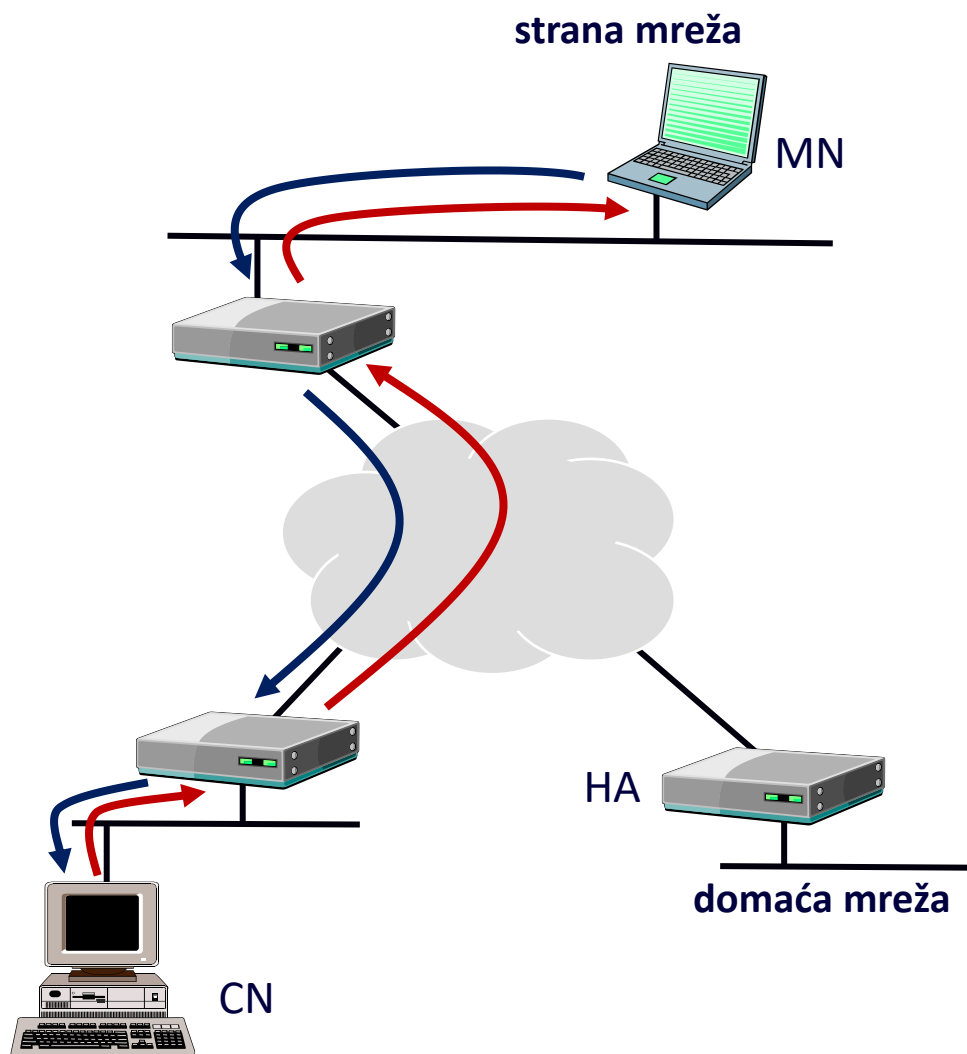


Optimizacija usmjeravanja paketa (3)



- MN šalje prema CN ***Binding Update*** sa svojom trenutnom adresom
- CN usmjerava pakete prema MN izravno, koristeći **IPv6 dodatno zaglavlje usmjeravanja** koje sadrži domaću adresu MN-a
- MN zamjenjuje u zaglavlju datagrama u polju „Odredišna adresa” trenutnu s domaćom adresom

Optimizacija usmjeravanja paketa (4)



Usmjeravanje na pokretni čvor:

- izravno
- primjena **dodatnog zaglavlja usmjeravanja: odredišna adresa = trenutna adresa MN**

Usmjeravanje s pokretnog čvora:

- Izravno

Nema trokuta!

Zaštita podataka

- nužno za sve poruke ***Binding Update/Acknowledgement***
- jamči se autentičnost, integritet i tajnost
- koriste se dodatna IPv6-zaglavlja:
 - Zaglavlje za provjeru autentičnosti (***Authentication Header, AH***), koje daje jamstvo da poruka stvarno dolazi s navedenog izvora i da nije mijenjana na putu
 - Zaglavlje za sigurnosno ovijanje podataka (***Encrypted Security Payload, ESP***), koje jamči povjerljivost/tajnost podataka, tj. da poruka nije na putu bila čitana

Usporedba *Mobile IP* i *Mobile IPv6*

<i>Mobile IPv4</i>	<i>Mobile IPv6</i>
pokretni čvor, domaća poveznica, domaći agent, strana poveznica	(isto)
domaća adresa pokretnog čvora	domaća adresa može biti globalna ili lokalna na razini poveznice
strani agent	“obični” IPv6 usmjeritelj (nema više stranog agenta)
(nije definiran)	čvor sugovornik
trenutna adresa dobiva se preko otkrivanja agenta, pomoću DHCP-a, ili ručnom konfiguracijom	trenutna adresa dobiva se <i>stateless</i> autokonfiguracijom, pomoću DHCP-a ili ručnom konfiguracijom
otkrivanje agenta	otkrivanje usmjeritelja
provjera autentičnosti domaćeg agenta	provjera autentičnosti domaćeg agenta i ostalih sugovornika
optimizacija puta u posebnoj specifikaciji	integrirana podrška za optimizaciju puta

Zadaci (1)

- Zašto se registracijske poruke u Mobile IP prenose transportnim protokolom UDP, a ne koristi se protokol TCP?
- U kojem je slučaju, s motrišta lokacije čvorova, problem trokutastog usmjeravanja za pokretni čvor najizraženiji? Odgovor popratite skicom koja ilustrira problem!
- Istražite kako izgleda IPv6-datagram koji sadrži poruku *Binding Update*. Prikažite osnovno i sva korištena dodatna zaglavlja.
- Istražite kako izgleda IPv6-datagram koji sadrži poruku *Binding Acknowledgement*. Prikažite osnovno i sva korištena dodatna zaglavlja.

Zadaci (2)

- Navedite upravljačke protokole i dodatna zaglavlja koja se primjenjuju u *Mobile IPv6*

Funkcija	Upravljački protokol ili dodatno zaglavlje
Otkrivanje usmjerenja i utvrđivanje promjene poveznice	
Autokonfiguracija	
Povezivanje	
Optimizacija usmjerenja paketa	
Otkrivanje domaćeg agenta	