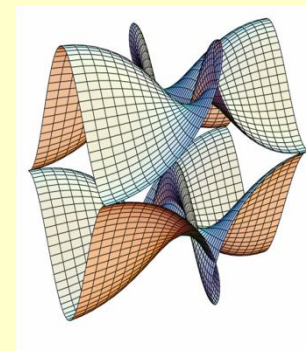




Sveučilište u Zagrebu  
PMF – Matematički odsjek

MREŽE RAČUNALA  
Predavanja 2022/2023



# Poglavlje 16: IP enkapsulacija, fragmentacija i sastavljanje

Sastavili: Luka Grubišić i Robert Manger  
01.12.2014

# Uvod

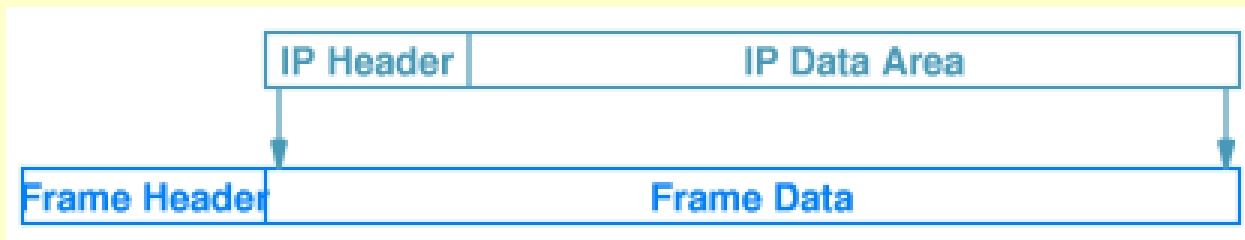
- U ovom izlaganju opisujemo detalje prijenosa IP datagrama.
- Opisat ćemo kako računalo ili usmjernik šalje datagram kroz fizičku mrežu.
- Posebno ćemo promotriti slanje velikih datagrama kroz heterogeni niz mreža.

# Slanje datagrama i okviri

- Po IP protokolu usmjernik ili host prvo bira IP adresu sljedećeg skoka.
- Nakon toga slijedi prevođenje te IP adrese u fizičku adresu i slanje datagrama kroz fizičku mrežu.
- Mrežni sklopovi ne razumiju format IP datagrama.
- U internetu koji se sastoji od heterogenih mreža format fizičkog okvira se može razlikovati od mreže do mreže.
- Kako prenijeti datagram između različitih mreža?

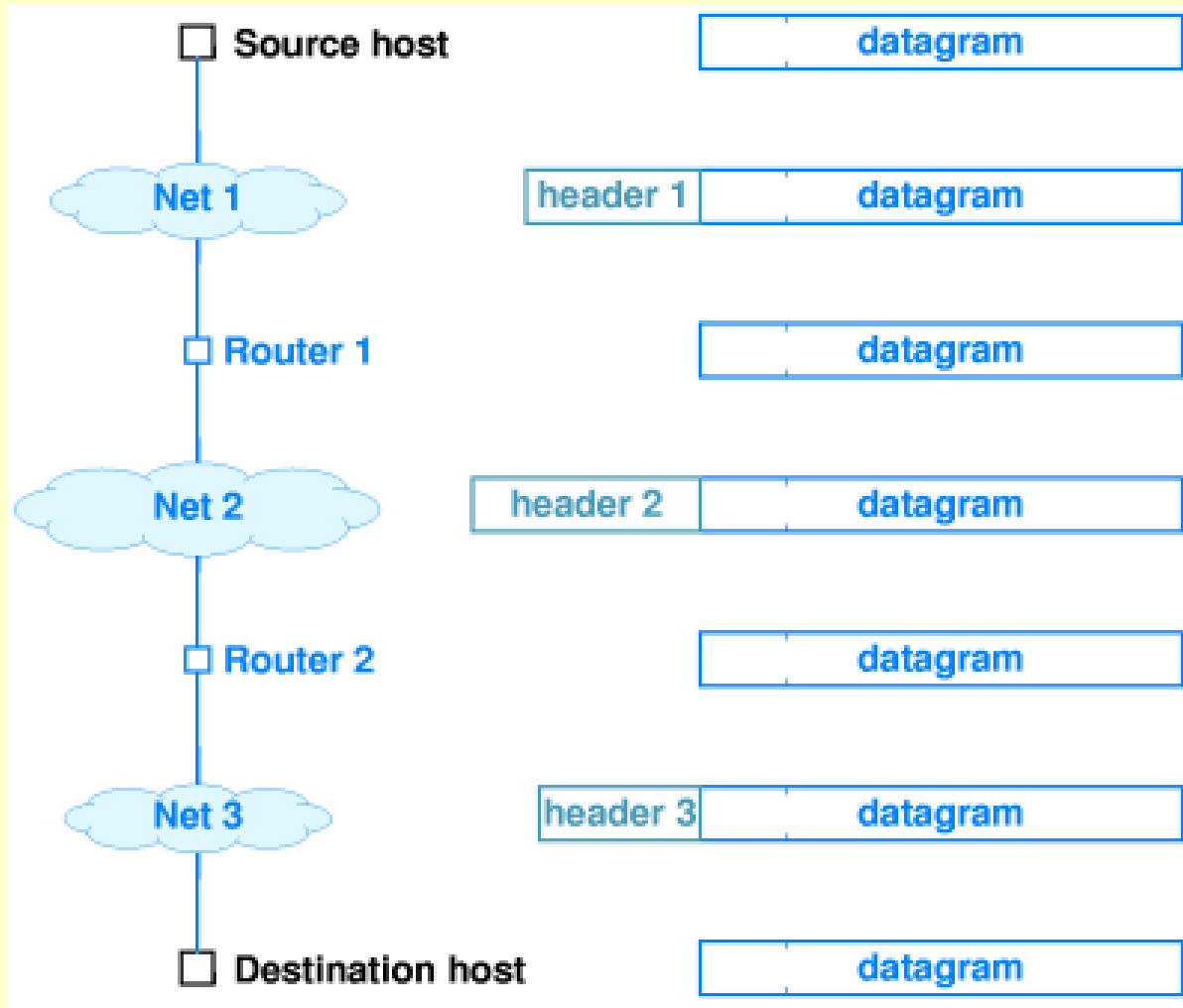
# Enkapsulacija

- Koristi se tehnika *enkapsulacije*.
- Slična tehnici koja je opisana u kontekstu protokola za pretvaranje adresa (ARP).
- Cijeli datagram se nalazi u polju namjenjenom prenošenju korisnih podataka.
- IP datagram se identificira u odgovarajućem polju u zaglavlju fizičkog okvira. Time ga primatelj razlikuje od (na primjer) ARP datagrama.



# Prijenos datagrama kroz internet (1)

- Enkapsulacija se primjenjuje samo na jednu transmisiju u danom trenutku.



# Prijenos datagrama kroz internet (2)

- Primatelj na adresi sljedećeg skoka ekstrahira IP datagram iz fizičkog okvira.
- Ako datagram treba putovati dalje kroz još jednu mrežu, tada se stvara novi okvir.
- Na putu od polazišta do odredišta obavlja se niz enkapsulacija i de-enkapsulacija.
- Zaglavlja okvira se ne akumuliraju!
- Svaka mreža može koristiti drugu mrežnu tehnologiju, pa se zato formati okvira mogu razlikovati.

# Veličina datagrama i enkapsulacija

(1)

- Svaka mrežna tehnologija određuje maksimalnu količinu podataka *maximum transmission unit* (MTU) koju je kroz tu mrežu moguće prenijeti unutar jednog okvira.
- Okviri koji su veći od MTU-a se ne prenose.
- Za prenošenje većih datagrama se koristi tehnika koja se zove *fragmentacija*.



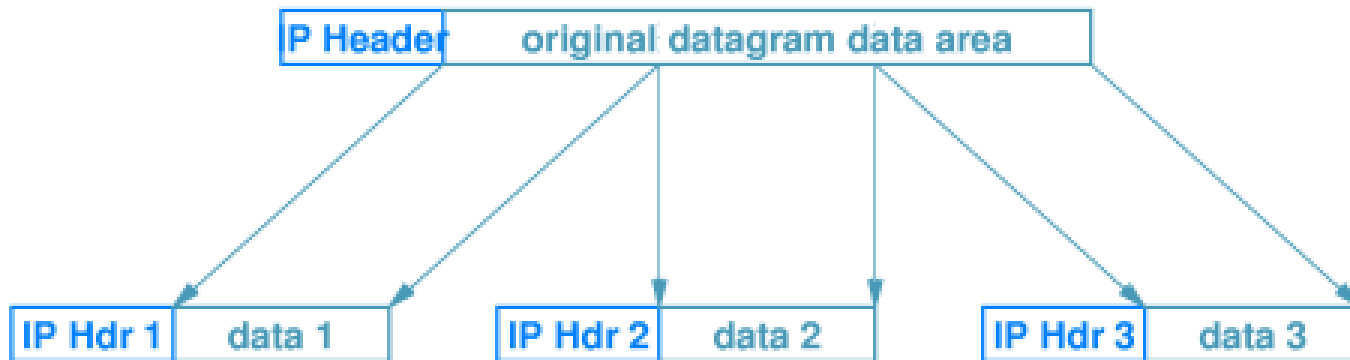
# Veličina datagrama i enkapsulacija (2)

- Ako je datagram veći od MTU, usmjernik ga dijeli u nekoliko manjih dijelova koji se zovu *fragmenti*.
- Fragment ima isti format kao i ostali datagrami, tj. svaki fragment je također i sam IP datagram.
- Jedan bit u polju FLAGS zaglavlja datagrama označava je li datagram fragment ili cjelovit datagram.
- Svaki fragment počinje kopijom zaglavlja originalnog datagrama.
- Odgovarajuća polja u kopiji zaglavlja se modificiraju da omoguće ponovno sastavljanje.



# Veličina datagrama i enkapsulacija (3)

- Svaki fragment nosi samo jedan dio podataka iz originalnog datagrama.

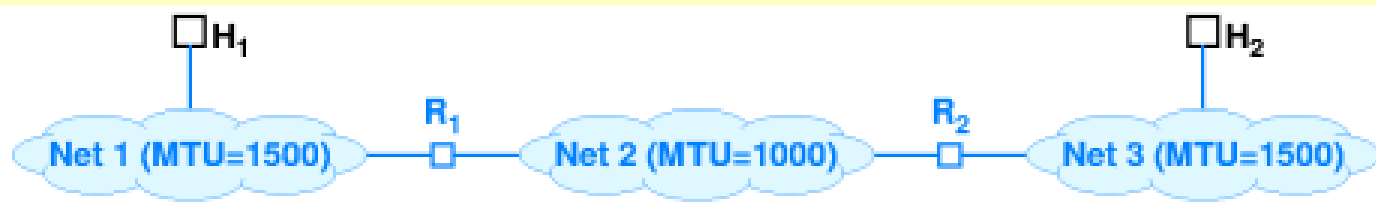


# Sastavljanje (1)

- Proces ponovnog stvaranja kopije originalnog datagrama iz fragmenata se naziva *sastavljanje* (reassembly).
- Budući da svaki fragment počinje s kopijom zaglavlja originalnog datagrama, svi fragmenti imaju istu adresu odredišta kao i originalni datagram.
- Datagram koji nosi zadnji fragment ima poseban bit u zaglavlju.
- Na osnovi tog bita primatelj može ustanoviti da li su svi fragmenti sretno stigli.
- IP protokol određuje da sastavljanje fragmenata obavlja primatelj.

# Sastavljanje (2)

- Čvorovi mreže na putu između pošiljatelja i primatelja prosljeđuju fragmente kao da je riječ o cjelovitim datagramima.
- U donjem primjeru:
  - Datagram od  $H_1$  do  $H_2$  veličine 1500 byte prolazi u komadu kroz prvu mrežu.
  - Zatim ga usmjernik  $R_1$  dijeli na dva fragmenta.
  - Usmjernik  $R_2$  ne sastavlja fragmente već ih svakog posebno šalje do  $H_2$ .
  - Na kraju  $H_2$  skuplja i sastavlja fragmente.



# Identificiranje datagrama

- IP protokol ne garantira uredno dostavljanje datagrama.
- Fragmenti datagrama mogu stizati u proizvoljnom redoslijedu.
- Kako IP softver uspijeva sastaviti fragmente koji stignu krivim redom?
- U zaglavlju IP datagrama postoji polje IDENTIFICATION koje jedinstveno određuje polazni datagram.
- Svaki fragment istog datagrama sadrži kopiju istog identifikacijskog broja.
- Dodatno polje FRAGMENT OFFSET određuje redoslijed fragmenata.

# Gubitak fragmenta

- Postoji mogućnost gubitka cijelih enkapsuliranih datagrama ili pojedinih fragmenata.
- Iako ponekad datagram ne može biti sastavljen, treba čuvati pristigle fragmente. Postoji mogućnost da drugi fragmenti samo kasne.
- IP određuje maksimalnu vrijeme čekanja fragmenata.
- Ukoliko svi fragmenti stignu prije isteka tog vremena, IP obavlja sastavljanje, u protivnom se svi pristigli fragmenti brišu.
- Rezultat sklapanja je po IP-u je sve ili ništa.

# Fragmentiranje fragmenta

- Što napraviti ako fragment dođe do iduće mreže koja ima manji MTU nego prethodna mreža?
- Fragmenti iz prethodne mreže možda su preveliki da prođu kroz iduću mrežu.
- Protokol fragmentiranja je tako projektiran da omogućuje fragmentiranje fragmenata.
- IP ne razlikuje originalne datagrame od fragmenata ili pod-fragmenata.
- IP omogućava primatelju sklapanje svih fragmenata u originalni datagram bez prethodnog spajanja pod-fragmenata.

# Sažetak

- IP datagram se enkapsulira u fizički okvir i tako šalje kroz mrežu.
- Pošiljatelj stavlja cijeli datagram u polje fizičkog okvira koje je predviđeno za korisni teret.
- Pošiljatelj također mora prevesti adresu sljedećeg skoka i unijeti je u odgovarajuće polje fizičkog zaglavlja.
- Enkapsulacija se odnosi samo na trenutnu fizičku mrežu, dakle kod prebacivanja iz mreže u mrežu datagram se izvlači iz jednog okvira te ponovo enkapsulira u drugi.
- Mreže koje imaju mali MTU uzrokuju fragmentaciju datagrama. Primateelj obavlja sklapanje fragmenata.