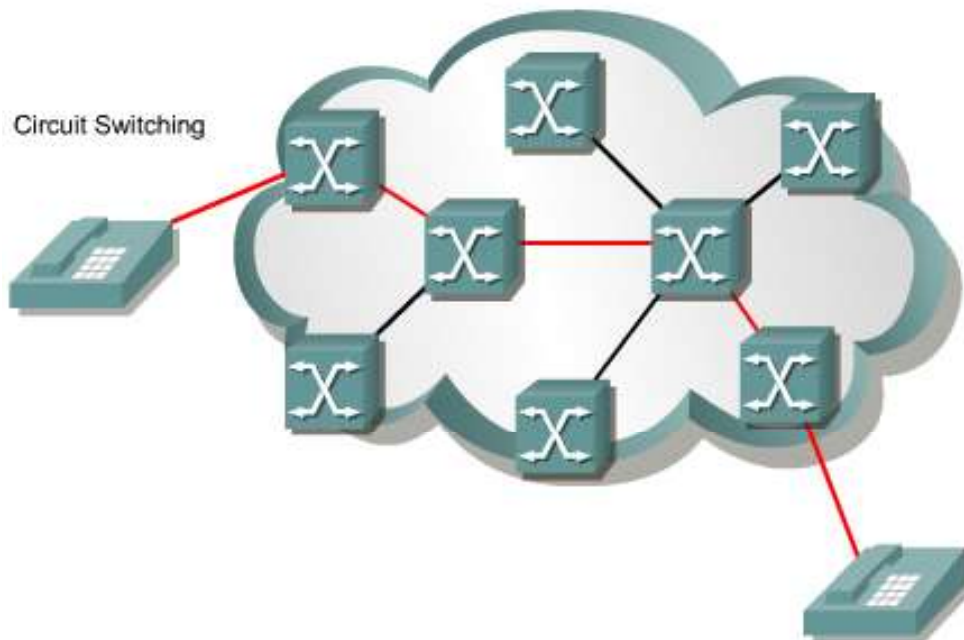


# WAN tehnologije

## Circuit Switched

Uspostavljanje namenske fizičke veze između dva učesnika po potrebi (na zahtev)

- Telefonske veze, ISDN...
- Povezivanje računara preko iznajmljenih telefonskih linija



## Packet Switched

Paketi podataka se nezavisno prosleđuju (komutiraju) kroz WAN mrežu između dve tačke

- Ranije: Frame Relay, ATM, X.25
- Danas: L2VPN, L3VPN



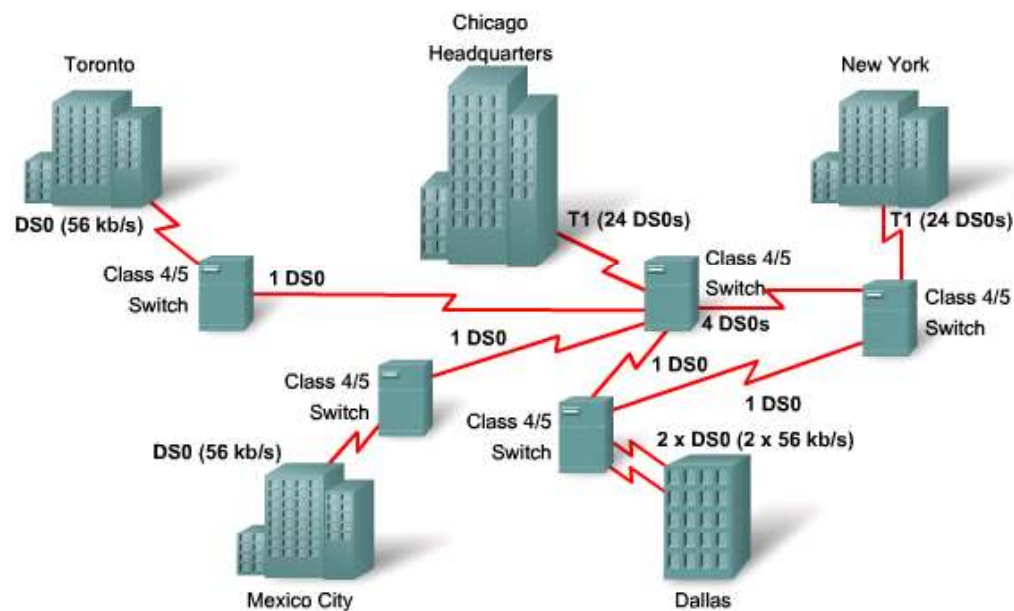
# WAN tehnologije

Primer: povezivanje objekata u korporacijskoj WAN mreži

## Circuit Switched

Zakup i ekskluzivno korišćenje  
permanentnih veza

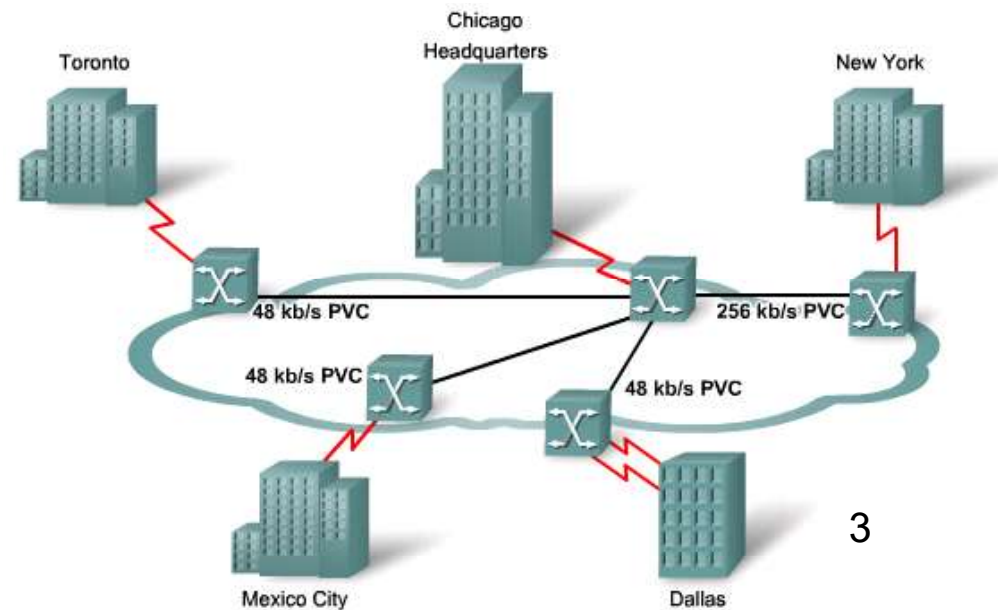
- skupo, nefleksibilno, neefikasno



## Packet Switched

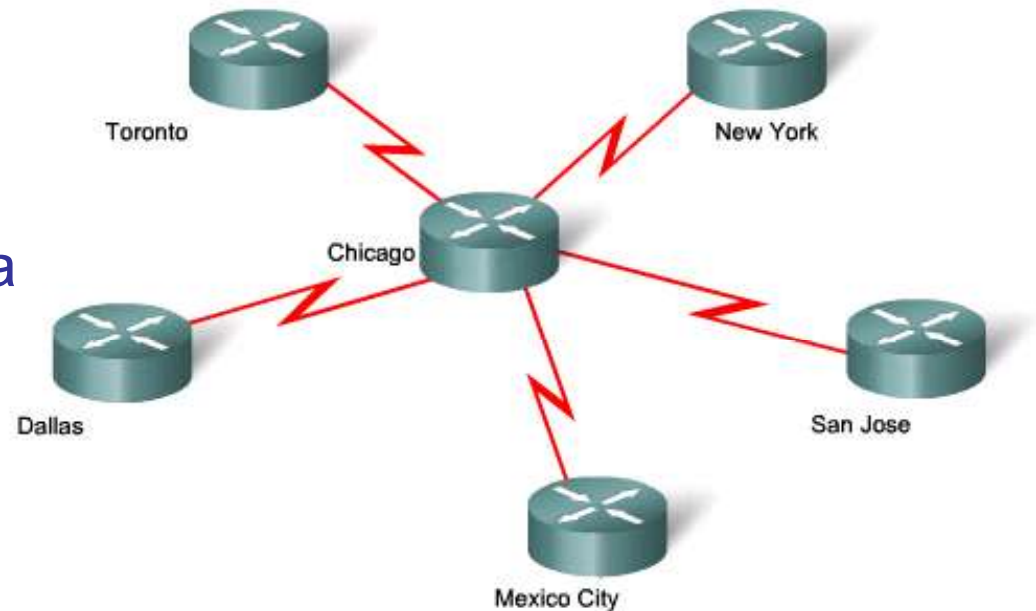
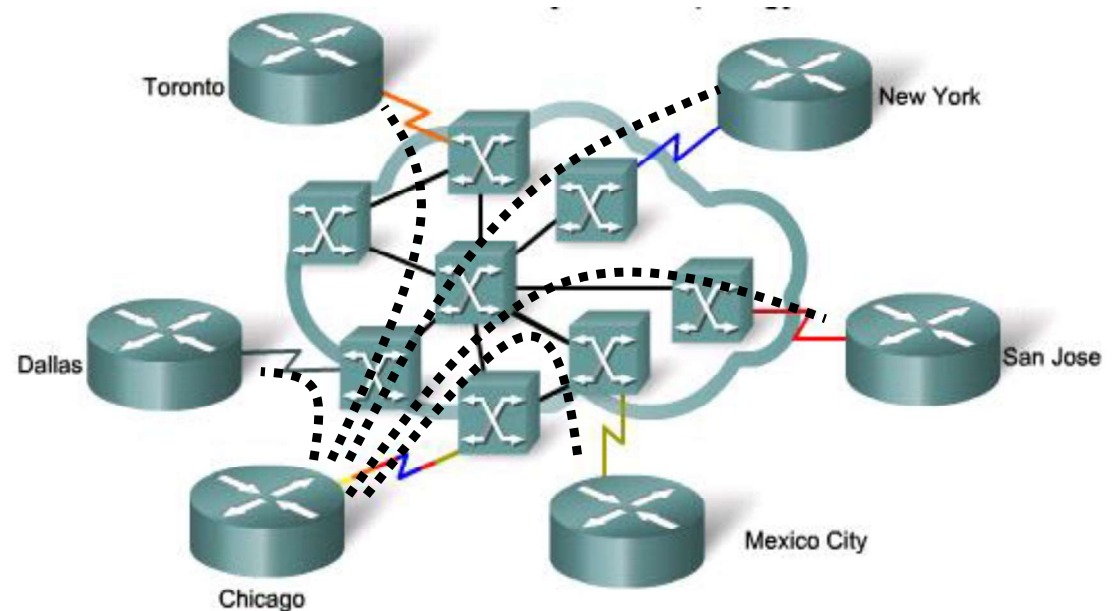
Povezivanje na pristupnu tačku  
provajdera

- Ugovorom sa provajderom se  
određuje način komunikacije između  
lokacija korisnika



# WAN tehnologije

- Fizička topologija
  - Irelevantna topologija mreže provajdera
- Logička topologija
  - Korisnici od provajdera zakupljuju pojedinačne veze između svojih lokacija
  - Najčešće se realizuje zvezdasto



# WAN veze na L1 nivou

- **Analogne veze**

- digitalni signali se modulišu i pretvaraju u analogne
- Uređaji - modemi
  - *voiceband* – “uskopojasni”
  - *broadband* – “širokopojasni”

- **Digitalne veze**

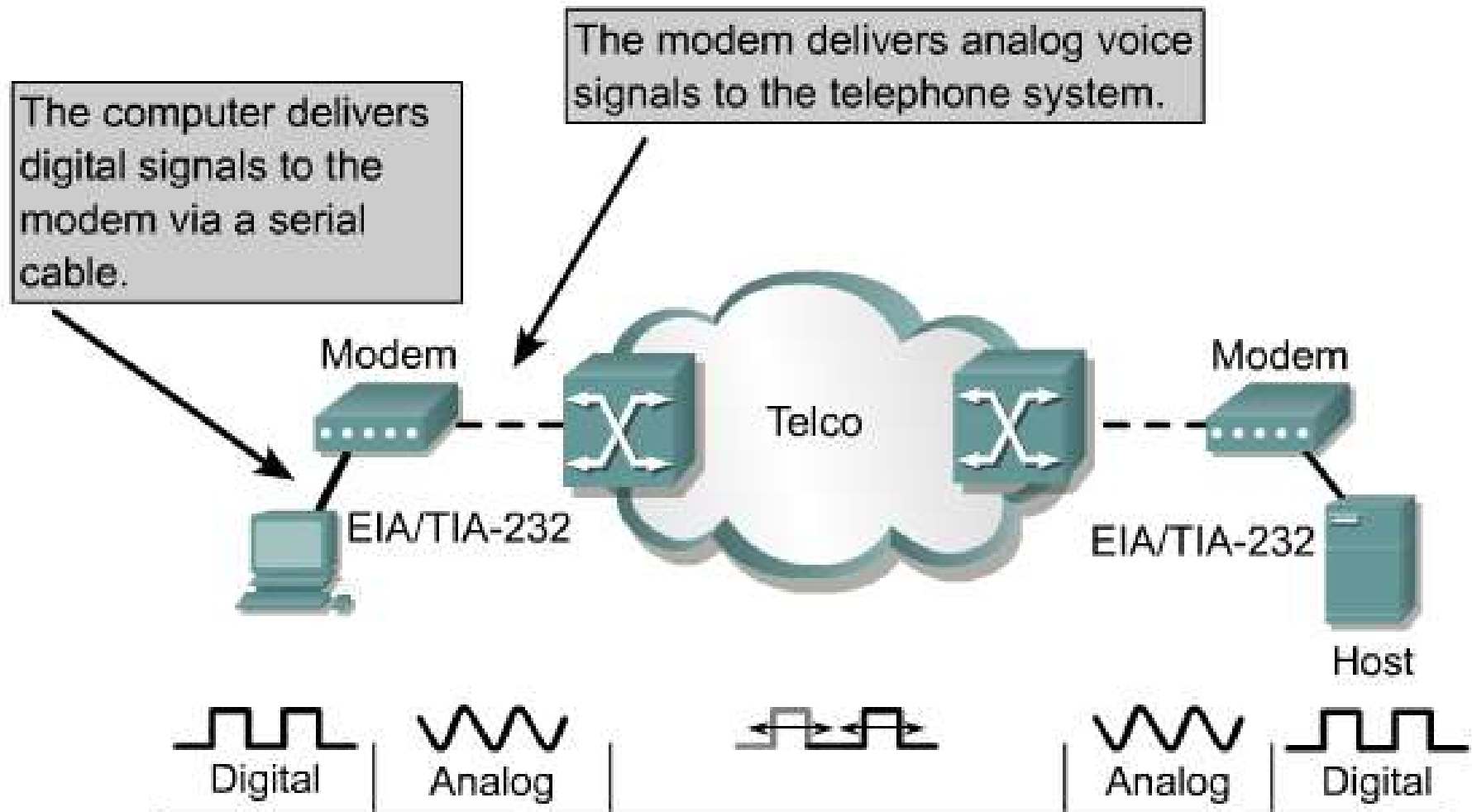
- uređaji – CSU/DSU
- 64 kbps, 128 kbps, .... 2 Mbps, 34, Mbps, 155 Mbps...

# WAN uređaji

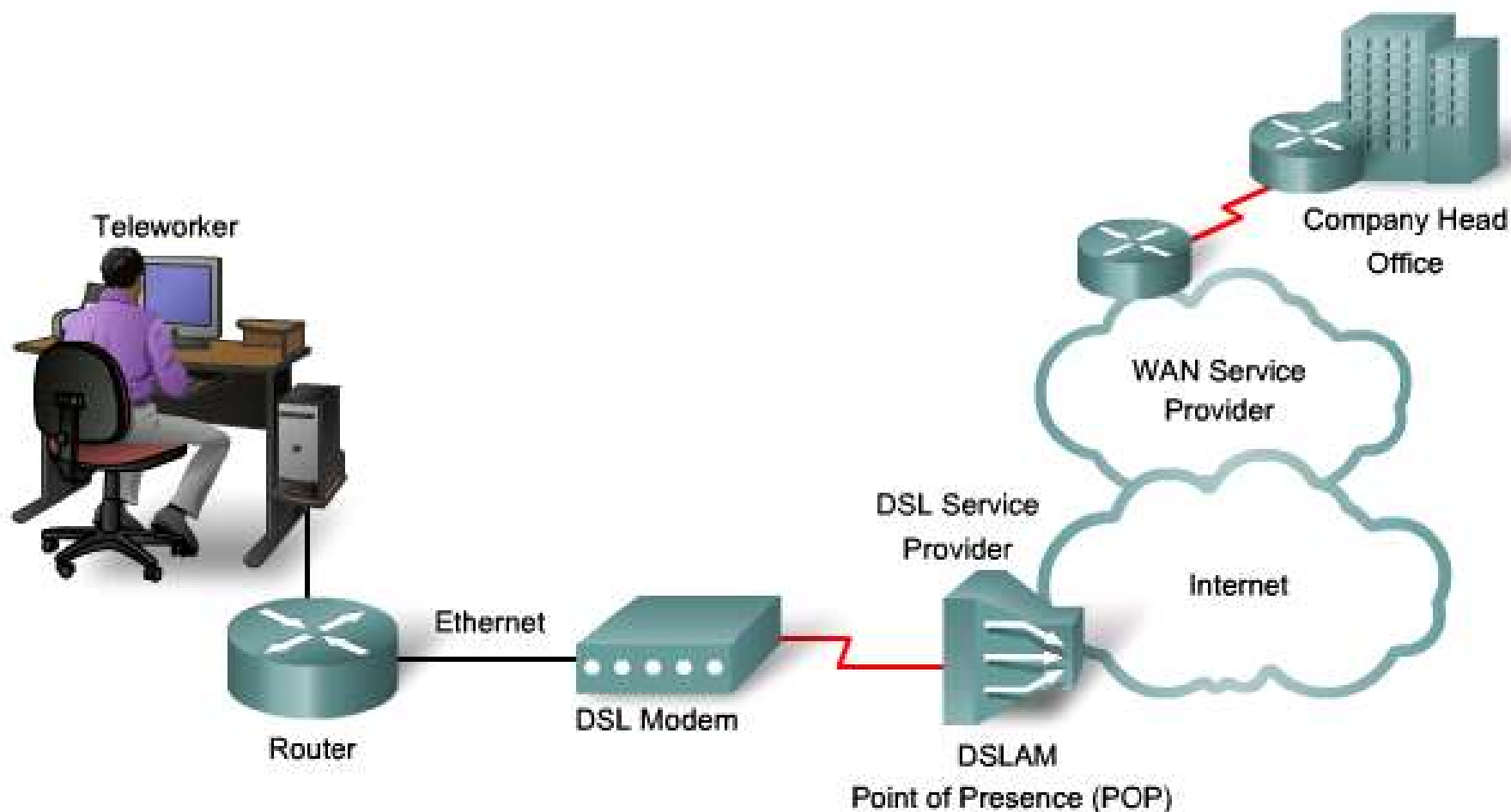
- **Modemi**

- povezani na fizičku vezu, digitalne signale transformiše u modulisani analogni signal i obrnuto
- ***voiceband*** – “uskopojasni”
  - u govornom području preko telefonske veze
  - neograničeno rastojanje
  - male brzine - 33.6 / 54 kbps
- ***broadband*** – “širokopojasni”
  - modulacija na višim frekvencijama, iznad govornog opsega
  - **DSL modemi** – *Digital Subscriber Line* - prenos preko telefonske linije, 128kbps...2Mbps...8Mbps, 16Mbps...
    - SHDSL – Symmetric DSL – npr. 2Mbps down/2 Mbps up
    - ADSL – Asymmetric DSL – max 8 Mbps down/1 Mbps up
    - VDSL – *Very High Bitrate* DSL – max 52 Mbps down/16 Mbps up
  - **Kablovski modemi** – prenos preko koaksijalnog kabla kablovskog operatora – brzine slične DSL modemima

# Modemi

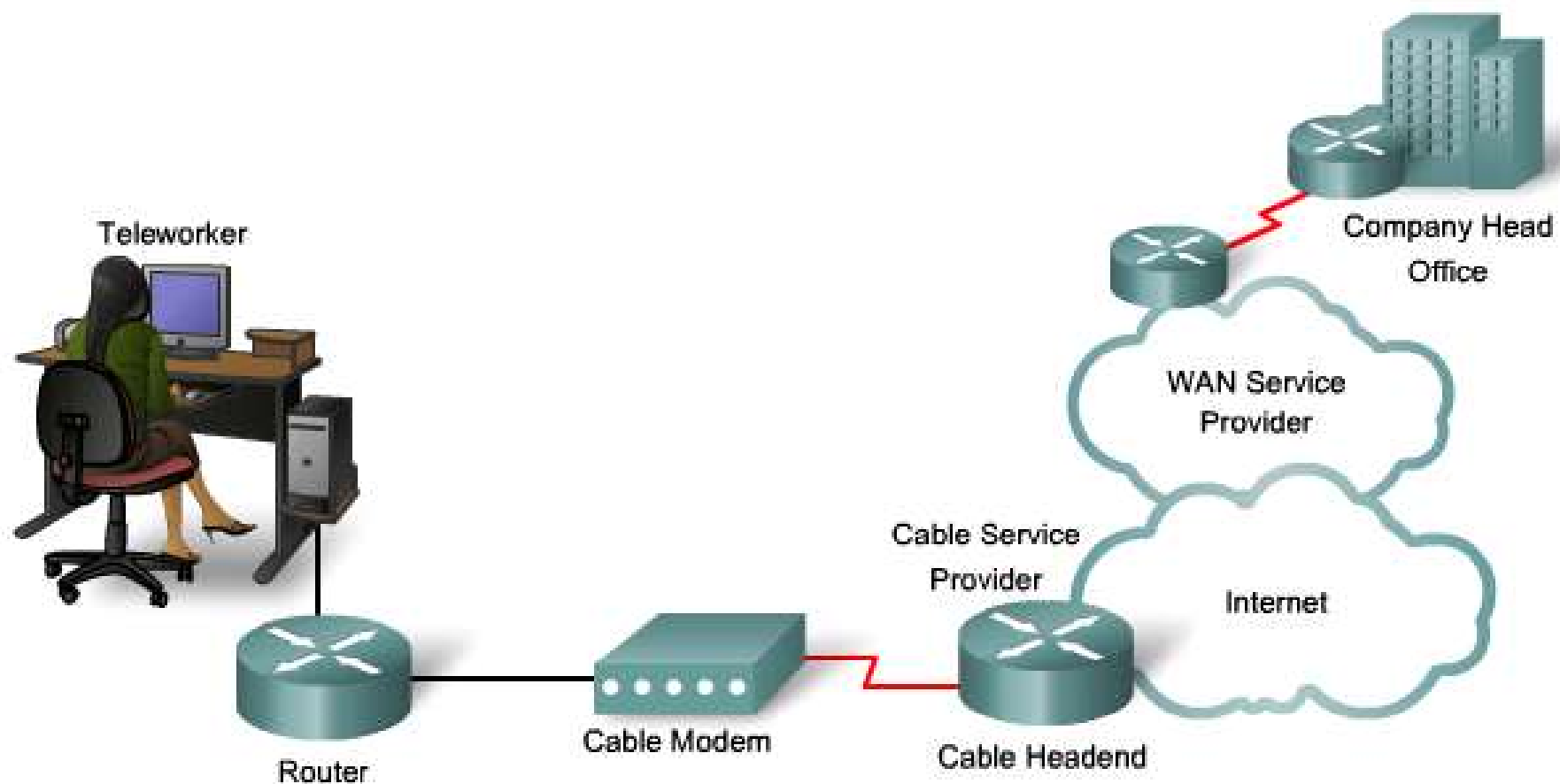


# Širokopojasni pristup DSL modemi



# Širokopoljasni pristup

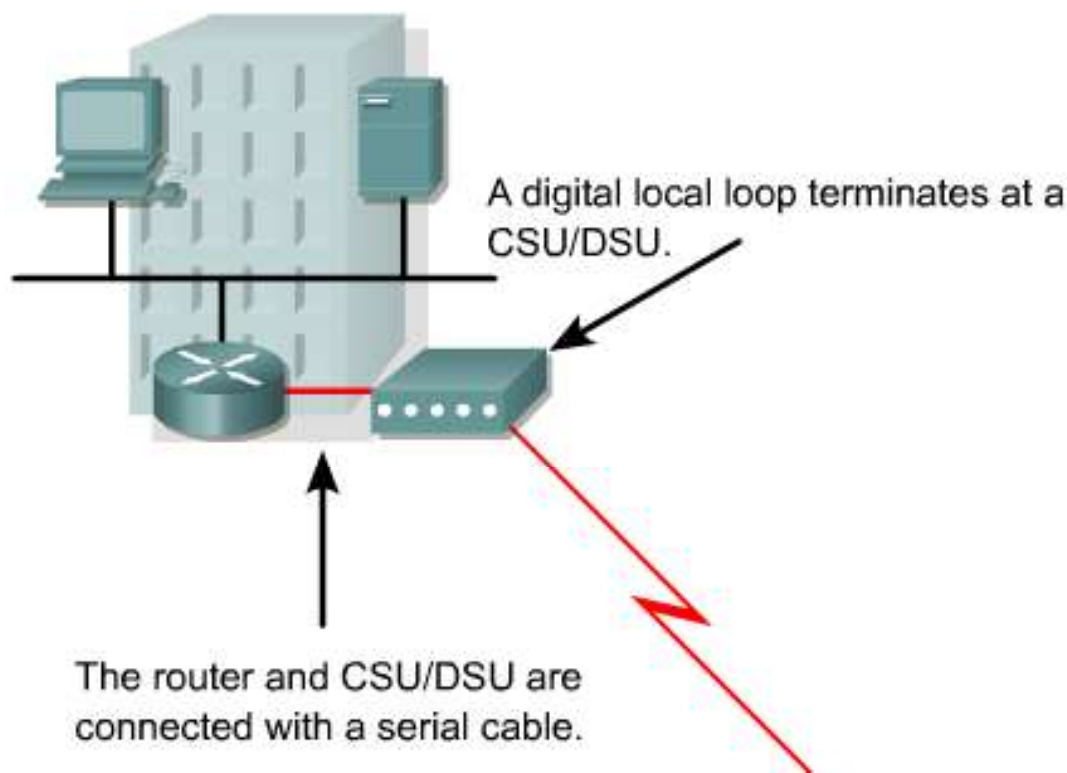
## Kablovski modem





# WAN uređaji

- CSU – *Channel Service Unit*
  - uređaj povezan na digitalnu liniju (E1, E3, T1, T3...) – veće brzine
- DSU – *Data Service Unit*
  - uređaj koji adaptira fizičku vezu od DTE za transmisiju u digitalni signal preko CSU
- CSU/DSU – obično su integrisani u jedan eksterni uređaj ili u karticu na ruteru



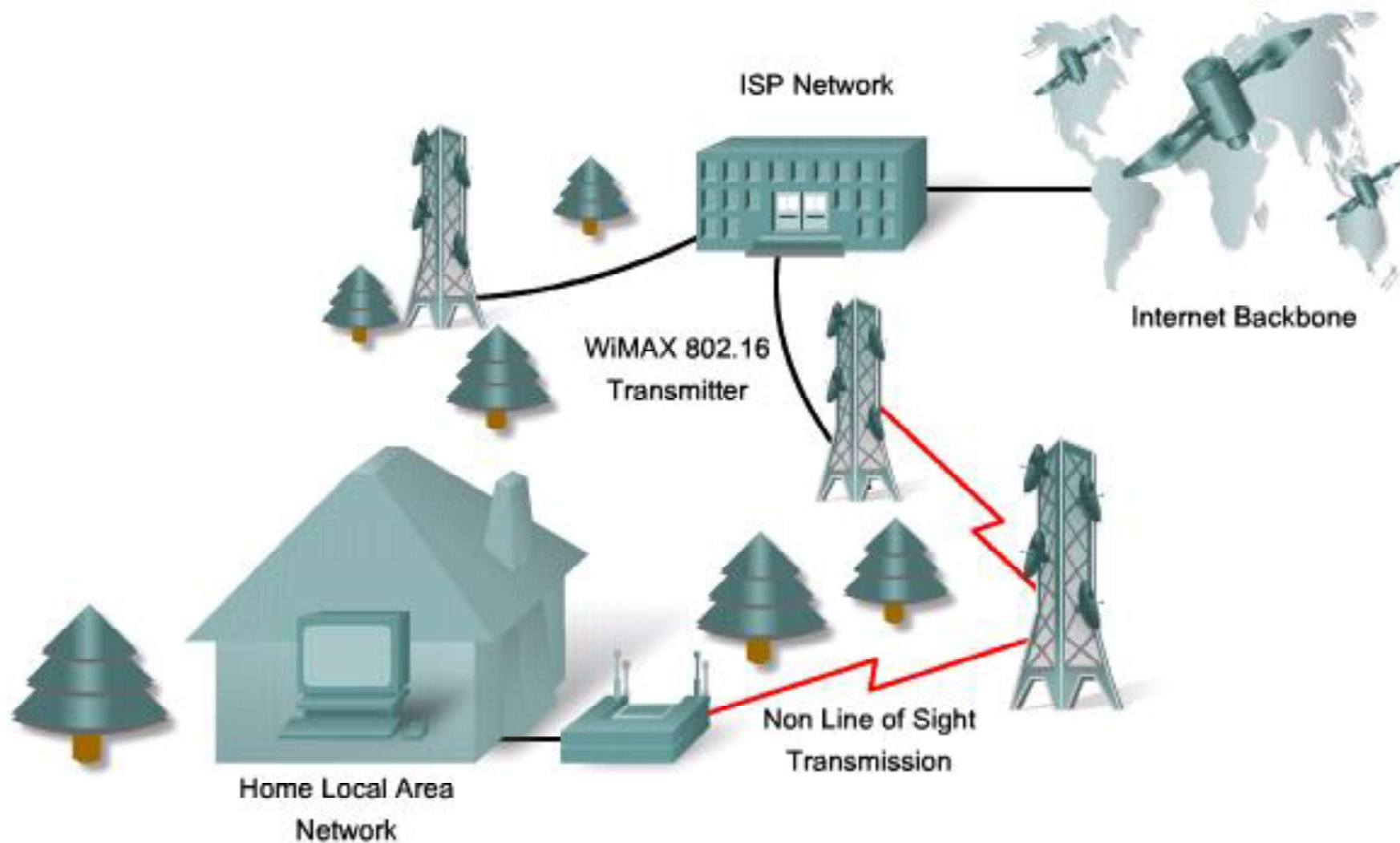
# Sinhronizacija takta

- Sinhronizacija
  - digitalni uređaji na obe strane moraju da usaglaise brzinu slanja i primanja podataka, kako bi mogli da komuniciraju
- Klok (clock) – takt kojim se odabiru signali
- Dve strane u komunikaciji:
  - *Master* – definiše klok
  - *Slave* – prilagođava se taktu koji dobije od mastera
- U digitalnim servisima telekom provajder definiše takt (master), a CSU/DSU se prilagođavaju (slave)
- Ruteri dobijaju takt od CSU/DSU uređaja

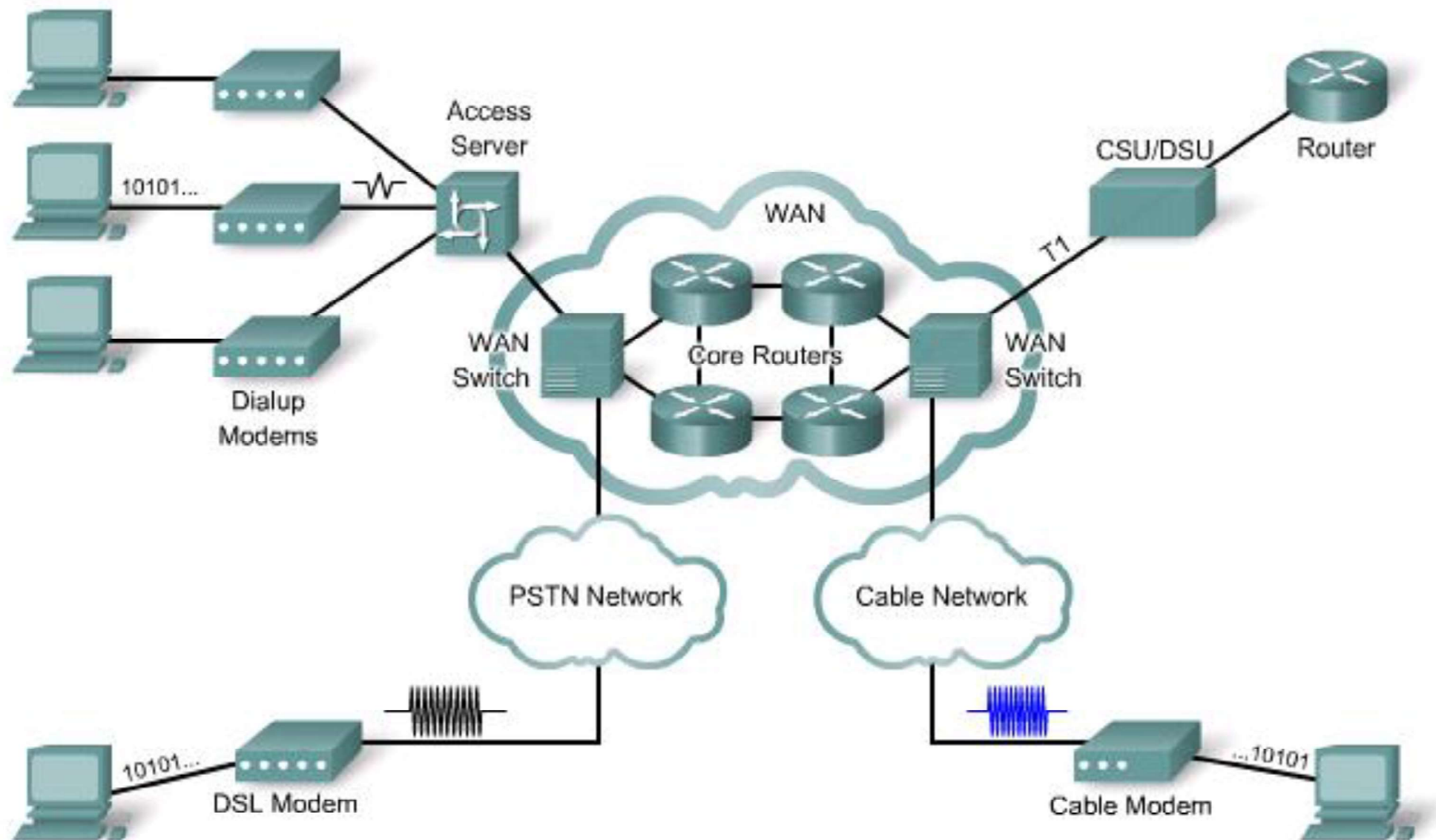
# Tipovi digitalnih veza i brzina

Line Type	Signal Standard	Bit Rate Capacity
56	DS0	56 Kbps
64	DS0	64 Kbps
T1	DS1	1.544 Mbps
E1	ZM	2.048 Mbps
E3	M3	34.064 Mbps
J1	Y1	2.048 Mbps
T3	DS3	44.736 Mbps
OC-1	SONET	51.84 Mbps
OC-3	SONET	155.54 Mbps
OC-9	SONET	466.56 Mbps
OC-12	SONET	622.08 Mbps
OC-18	SONET	933.12 Mbps
OC-24	SONET	1244.16 Mbps
OC-36	SONET	1866.24 Mbps
OC-48	SONET	2488.32 Mbps

# Širokopojasni pristup Bežične veze



# WAN uređaji



# WAN tehnologije

- Layer 1
  - RS-232, RS-449, X.21, V.35, G.703 itd.
- Layer 2
  - HDLC, PPP, Frame Relay, X.25
- Multilayer
  - ISDN, ATM, SDH/SONET

# Layer 1 WAN prenos

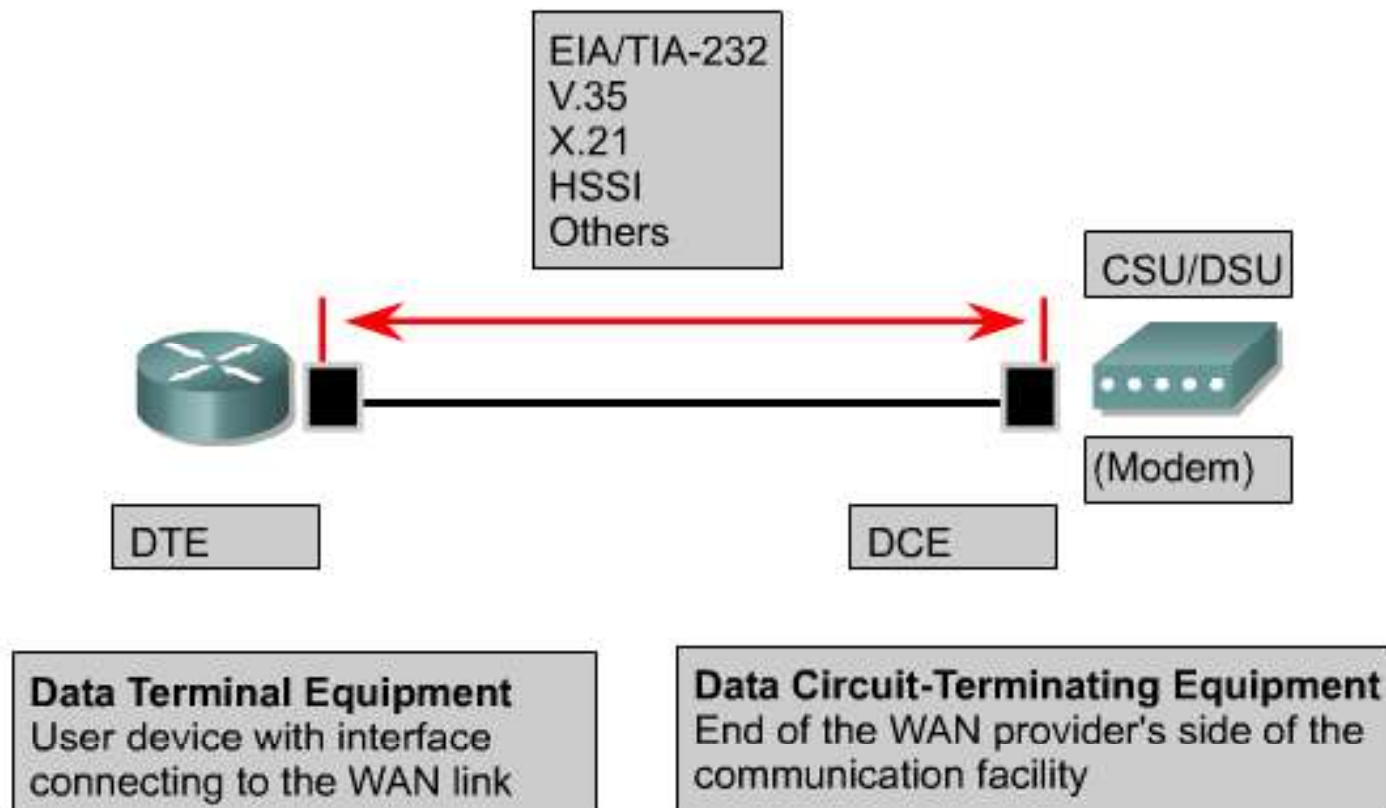
## Serijske veze

- bitovi se prenose serijski preko WAN veza
- Tipovi serijskih veza
  - asinhroni link (do 115.2 kbps)
  - sinhroni link (trenutno do 10 Gbps)
- DCE (*Data Circuit-Terminating Equipment*)
  - uređaj koji se povezuje na mrežu provajdera (Modem, CSU/DSU...)
- DTE (*Data Terminal Equipment*)
  - Uređaj koji se povezuje na DCE (Ruter)

# Layer 1 WAN standardi

## Layer 1 WAN standardi

- Definišu električni interfejs za prenos bitova između DTE i DCE uređaja
  - RS-232, RS-449, X.21, V.35, G.703 itd.

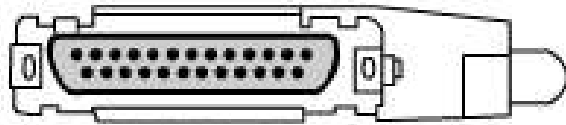




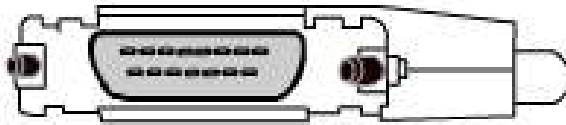
# Konektori (kablovi)



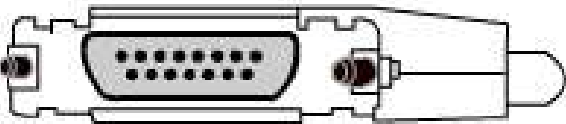
EIA/TIA-232 Male



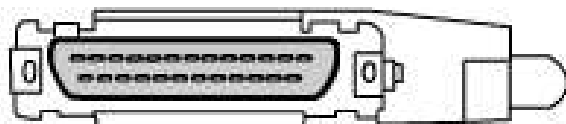
EIA/TIA-232 Female



X.21 Male



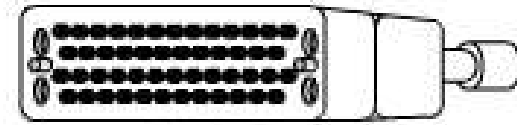
X.21 Female



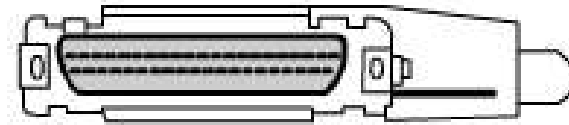
EIA-530 Male



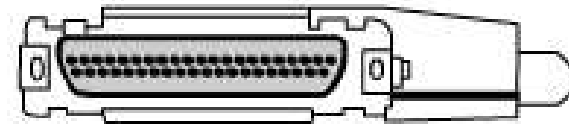
V.35 Male



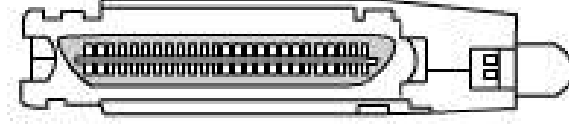
V.35 Female



EIA/TIA-449 Male



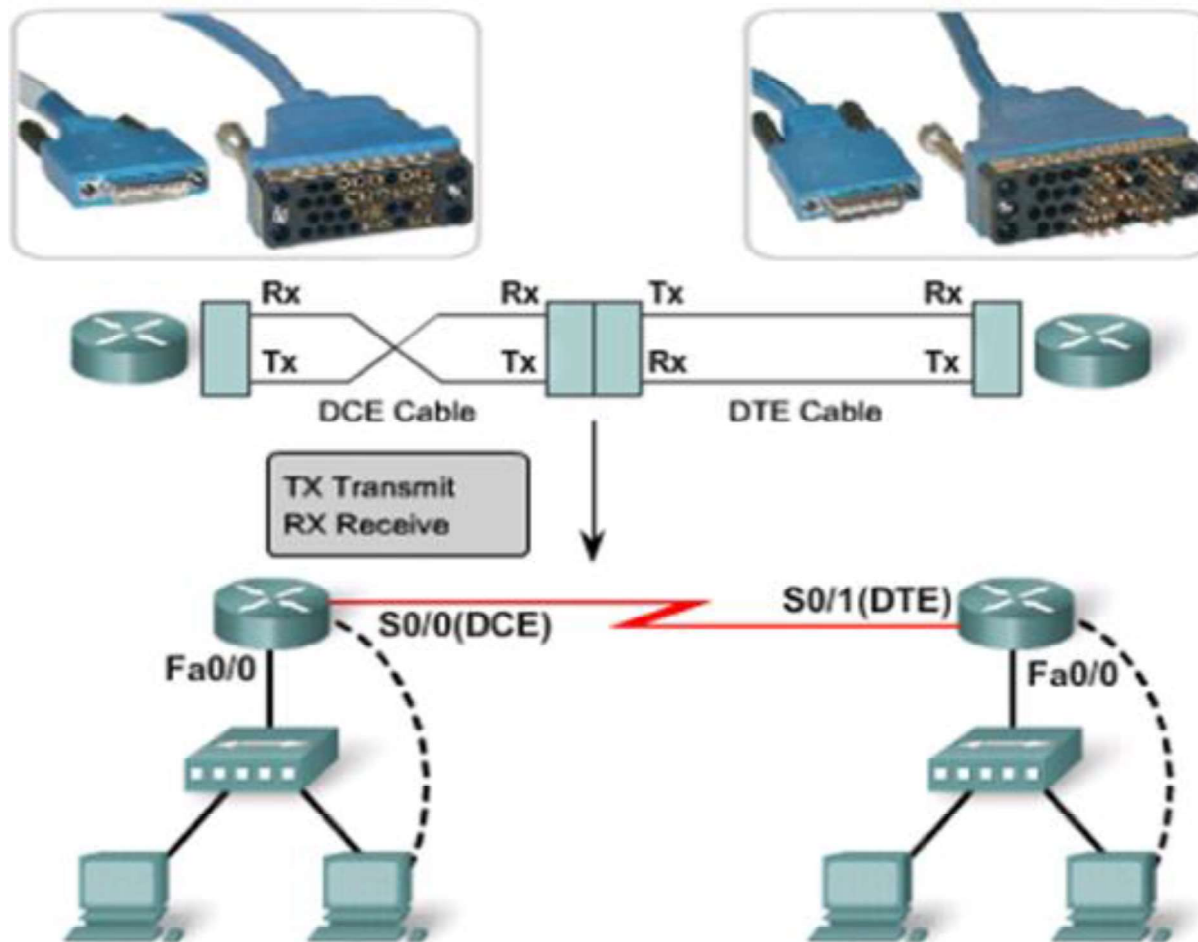
EIA/TIA-449 Female



EIA-613 HSSI Male

# DCE i DTE kablovi

- Povezivanje dva rutera u laboratoriji bez CSU/DSU uređaja – *back-to-back*  
jedan mora da bude DCE i da daje klok !



# PPP - *Point-to-Point Protocol*

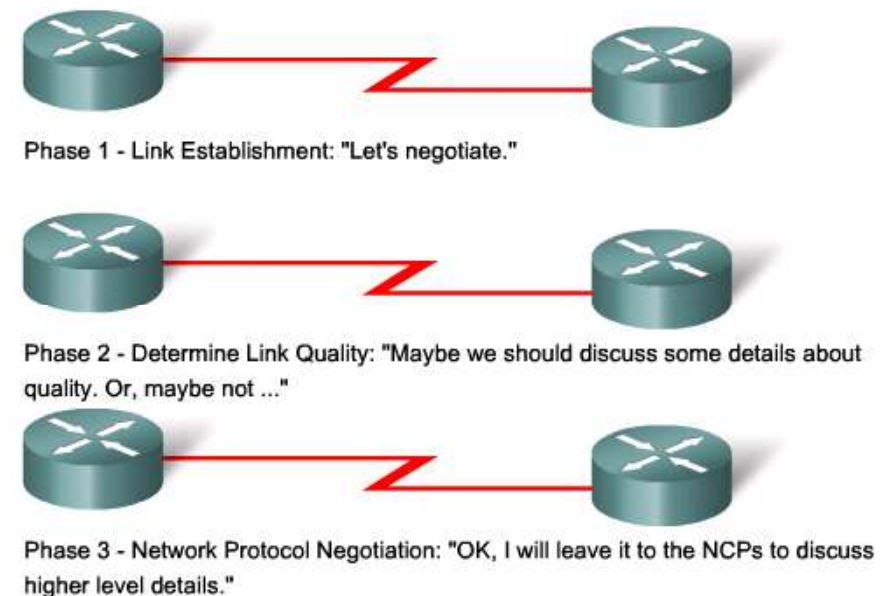
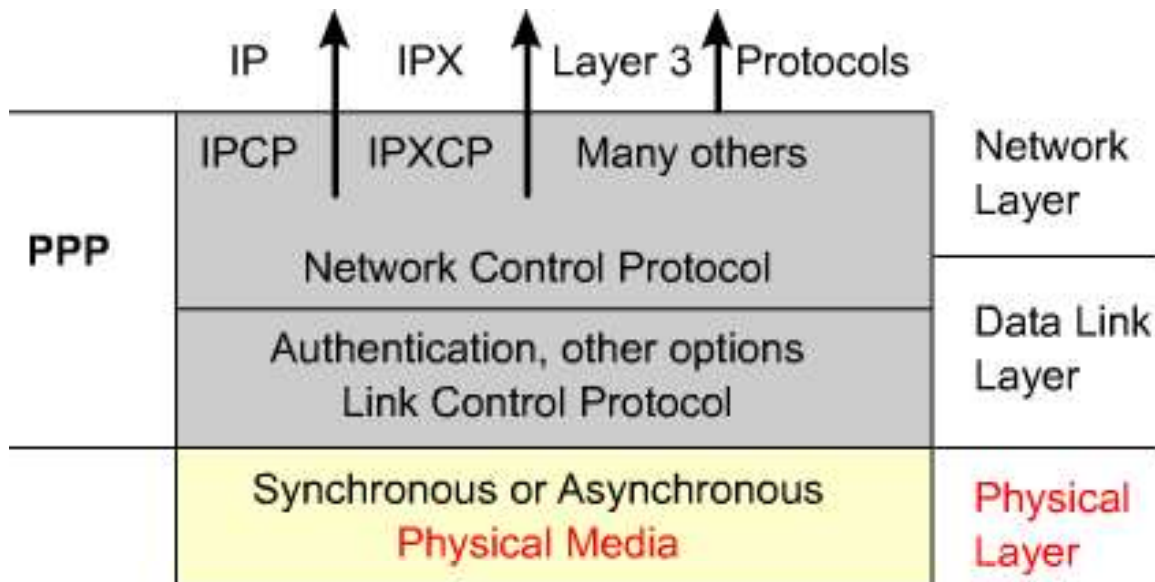
- Layer 2 protokol za prenos preko sinhrone i asinhrone serijske veze
- Unapređena verzija HDLC protokola (*High Level Data Link Control*)
- Arhitektura:
  - L1 nivo - prenos signala preko serijske veze
  - L2 nivo – dva podsloja:
    - ***Link Control Protocol (LCP)***
    - ***Network Control Protocols (NCP)*** - interfejs prema L3 nivou

# PPP – L1 nivo

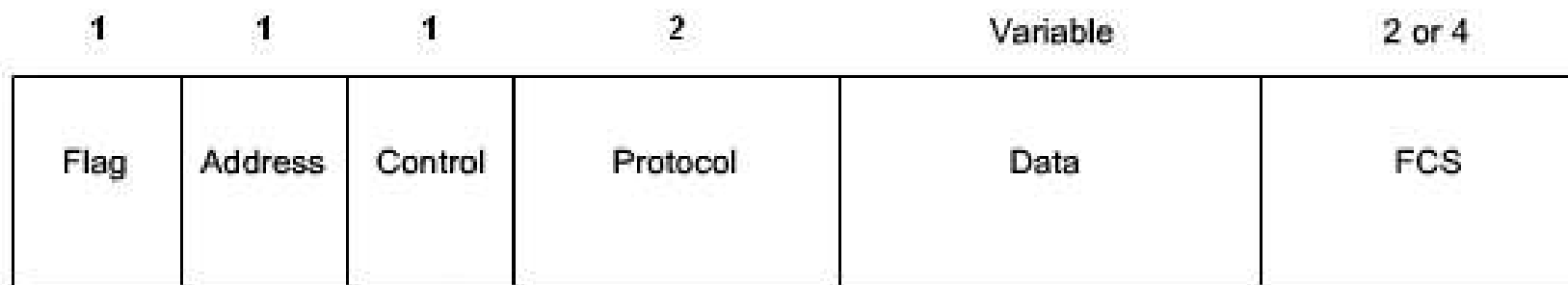
- sinhrone i asinhrone serijske veze:
  - sinhrono
    - prenos digitalnih signala sa unapred usklađenim taktom (brzinom) između učesnika
  - asinhrono
    - prenos digitalnih signala bez unapred usklađenog kloka (brzine) između učesnika
- Karakteristike:
  - podržava različite vrste interfejsa:
    - RS-232, RS-422, RS-423, V.35
  - različite brzine
  - jedini uslov je da se radi o dvosmernoj vezi

# PPP – L2 nivo

- L2 nivo – dva podsloja:
  - **Link Control Protocol (LCP)**
    - Uspostavljanje veze i pregovaranje o konfiguraciji
    - Određivanje kvaliteta veze – opciono
  - **Network Control Protocols (NCP)**
    - Onterfejs prema L3 nivou
    - Pregovaranje o konfiguraciji mrežnog sloja



# Format PPP okvira

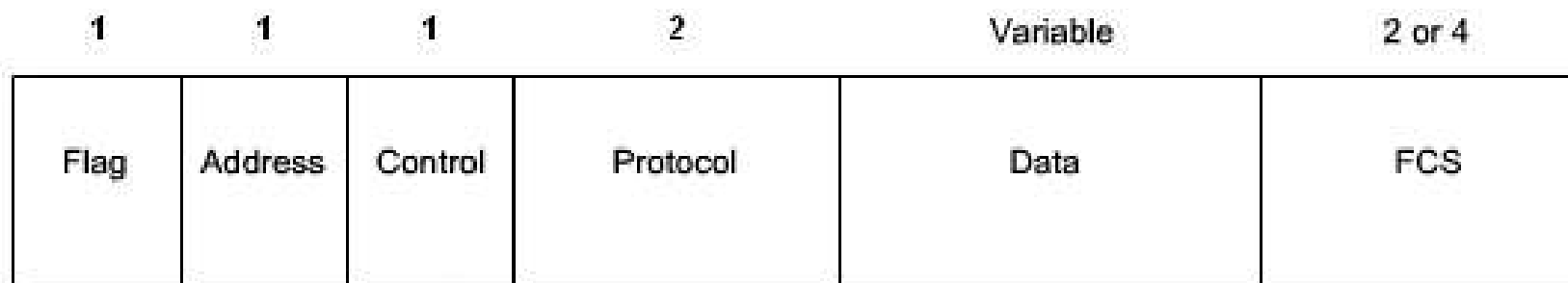


## Polje Flag

- Označava početak i kraj svakog okvira - 8 bita, uvek “01111110”
- Šta ako se ova vrednost nađe negde u sredini okvira?
- Ne sme dozvoliti šest uzastopnih jedinica ostatku okvira
  - pošiljalac - nakon svakih pet uzastopno poslatih jedinica, veštački se dodaje jedna nula (“11111” => “111110”)
  - prijemnik - nakon svakih primljenih uzastopnih pet jedinica:
    - ako se primi nula, ona se ignoriše (“111110” => “11111”)
    - ako se primi jedinica, radi se o Flag polju – kraj okvira (“01111110”)
- Kada se okviri šalju u kontinuitetu, *flag* polje koje označava kraj prethodnog okvira istovremeno se koristi za početak narednog okvira

# Format PPP okvira

- Address – ne koristise, uvek fiksna vrednost: 0xFF (“11111111”)
- Control – uvek fiksna vrednost: 0x03 (“00000011”)
- Protocol – identifikacija protokola L3 nivoa, default 2 bajta, ali se može koristiti i 1 bajt (ako se obe strane o tome dogovore)
- Data - enkapsulirani podaci viših podslojeva i slojeva, *default* je max. 1500 bajta
- FCS – *Frame Check Sequence* – proveru greške okvira (CRC)



# PPP - LCP

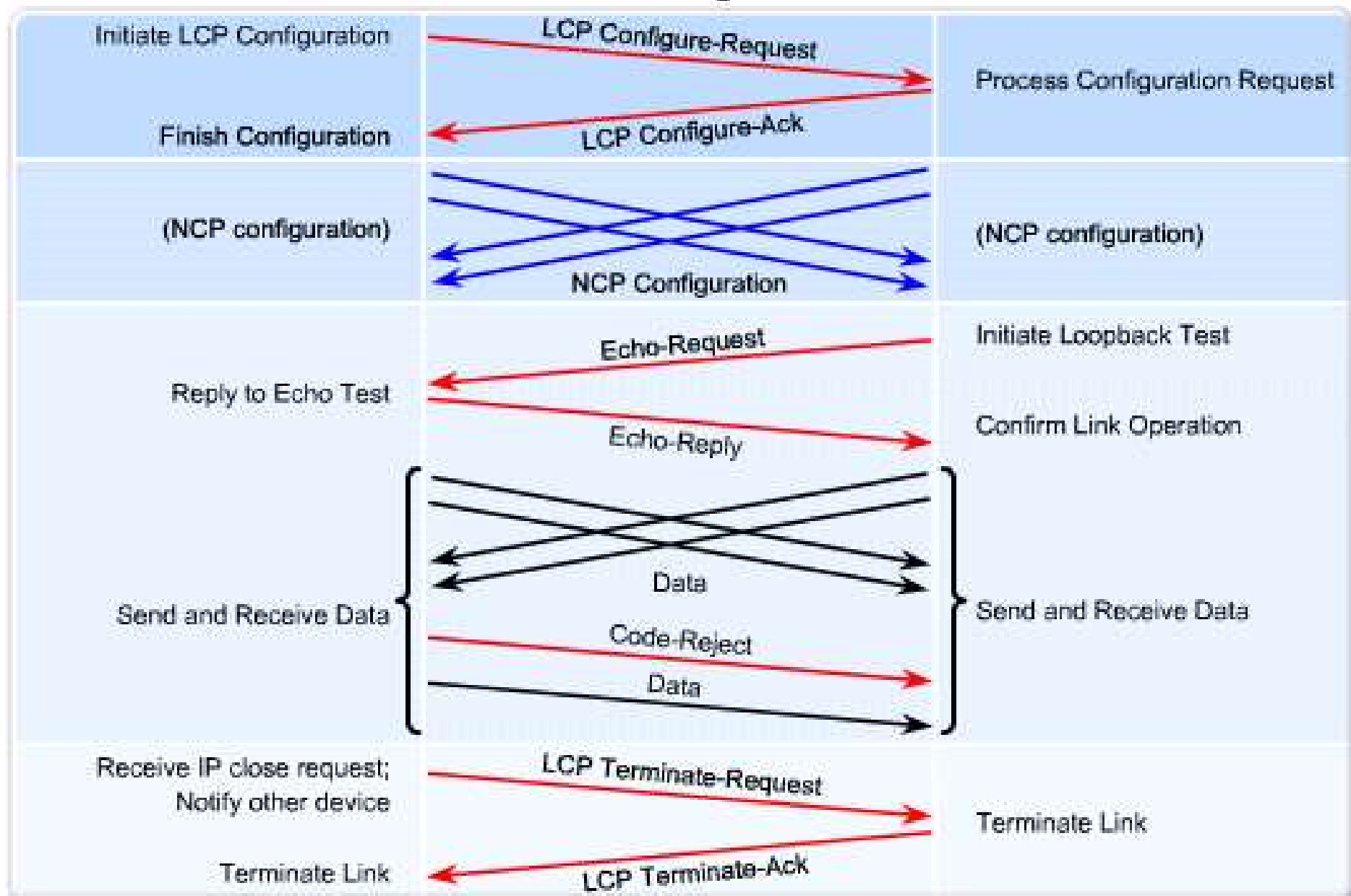
- LCP – *Link Control Protocol*
  - centralni deo PPP
  - nezavistan od protokola L3 nivoa
- Funkcije
  - uspostavljanje, održavanje i raskidanje veze
  - pregovara između učesnika (*negotiation*)
  - postavlja kontrolne opcije
  - automatski konfiguriše obe strane:
    - usklađuje različite limite u veličini okvira
    - detektuje pojedine greške u konfiguraciji
    - detektuje greške na linku



# PPP - LCP

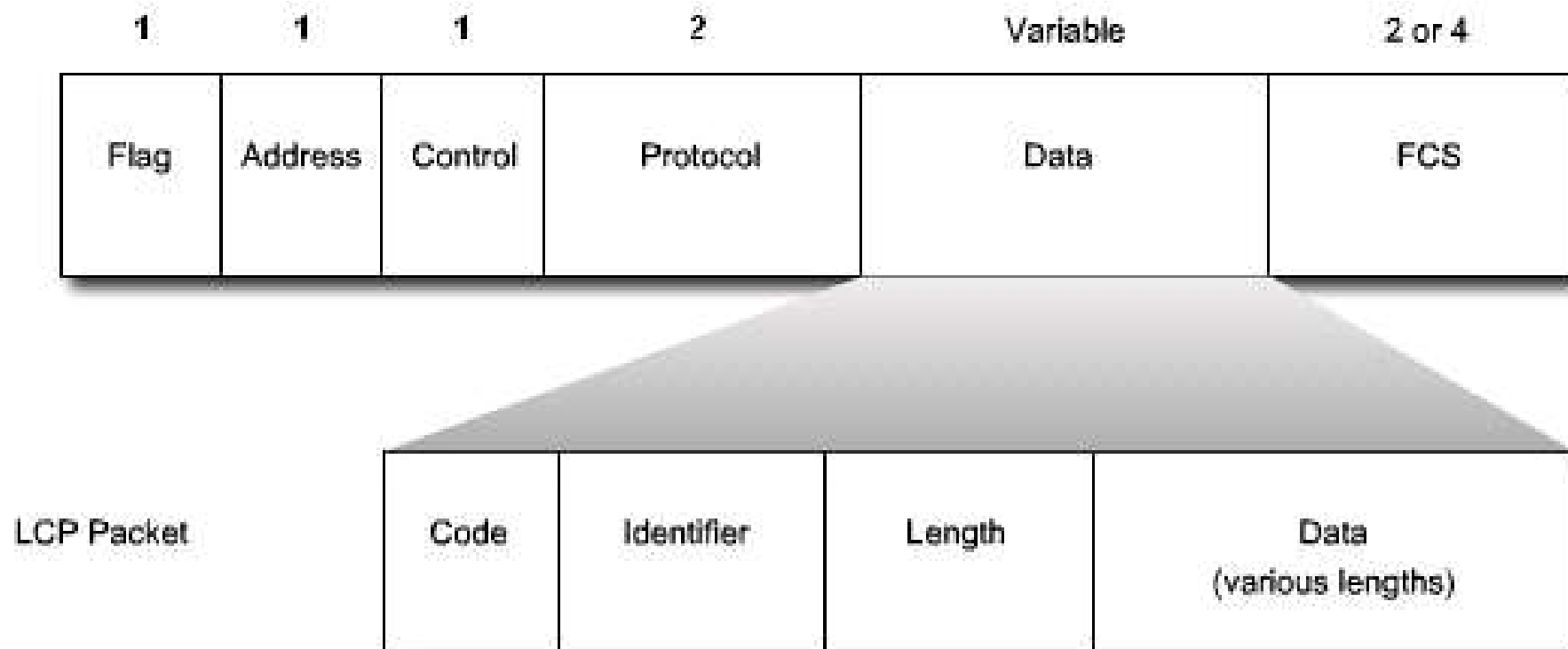
- Tri vrste okvira:
  1. **Link-establishment frames** - Okviri za uspostavljanje veze
    - *Configure-Request* – inicijalizuje vezu
    - *Configure-Ack* – prihvata veze, prelazi se u sledeću fazu...
    - *Configure-Nak*, *Configure-Reject* – odbija vezu
      - npr. nisu prepoznati parametri
      - pokušava se ponovo uspostavljanje sa novim parametrima
  2. **Link-maintenance frames** - Okviri za održavanje veze
    - *Code-Reject*, *Protocol-Reject* – ne prepoznaje se LCP kod ili protokol
    - *Echo-Request*, *Echo-Reply*, *Discard-Request* –testiranje veze
  3. **Link-termination frames** - Okviri za raskidanje veze
    - *Terminate-Request* – zahteva raskidanje veze
    - *Terminate-Ack* – prihvata raskidanje veze

# PPP - LCP



# Format LCP okvira

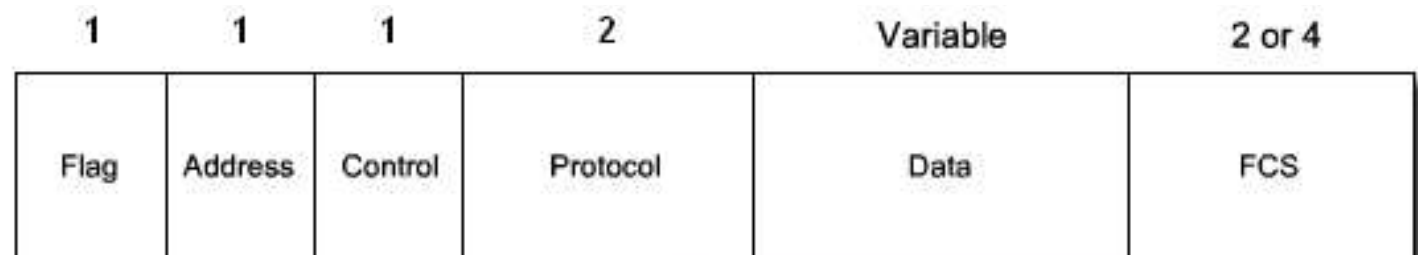
- *Code* – tip LCP okvira, 1 bajt
- *Identifier* – koristi se za uparivanje *request* i *replay*, 1 bajt
- *Length* – ukupna dužina LCP okvira, 2 bajta
- *Data* – podaci viših podslojeva i slojeva, 0 ili više bajtova



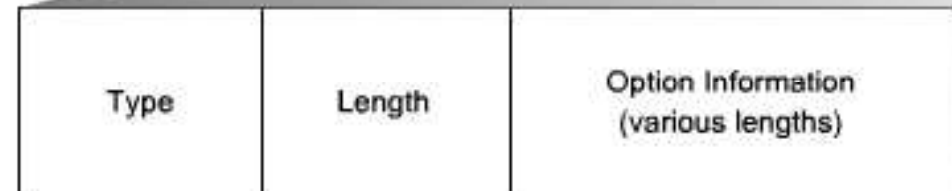
# PPP opcije

- PPP podržava različite opcione funkcije:

- Autentifikacija učesnika
- Kompresija podataka
- Mult-link povezivanje
- detekcija grešaka
- call-back podrška

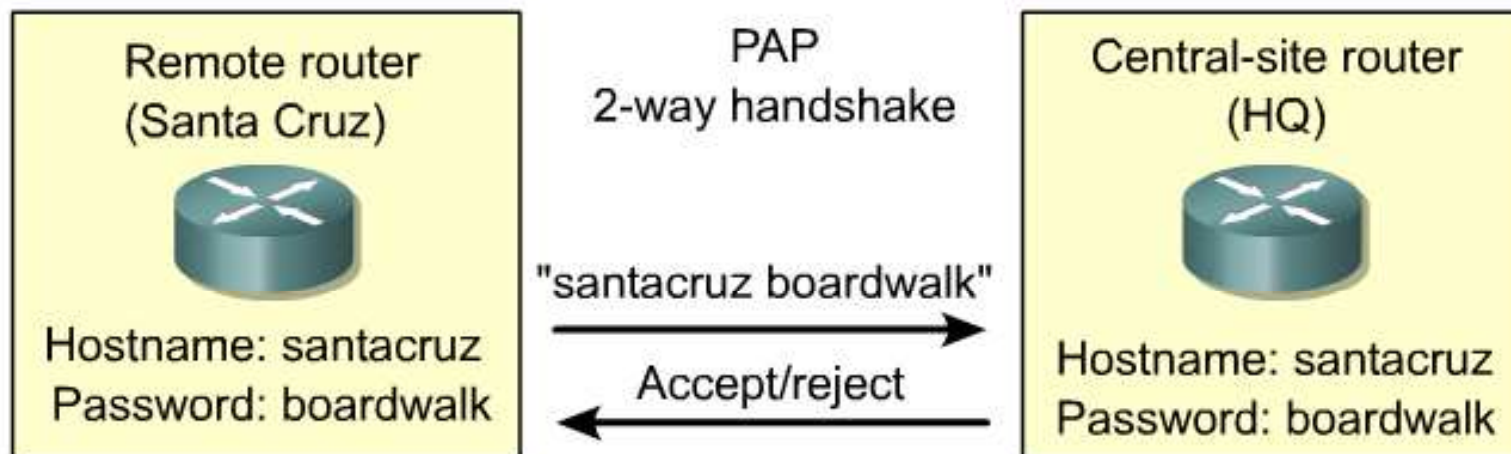


LCP Frame



# PPP autentifikacija

- Autentifikacija – međusobna provera identiteta
- Dve vrste: PAP i CHAP
- *Password Authentication Protocol (PAP)*  
2 koraka:
  - Klijent šalje lozinku u čistom tekstu, i to samo na početku uspostavljanja sesije
  - Druga strana prihvata ili odvija vezu
- nesigurno – prisluškivanjem linije se lako može saznati lozinka, neautorizovano se povezati na liniju i lažno se predstaviti

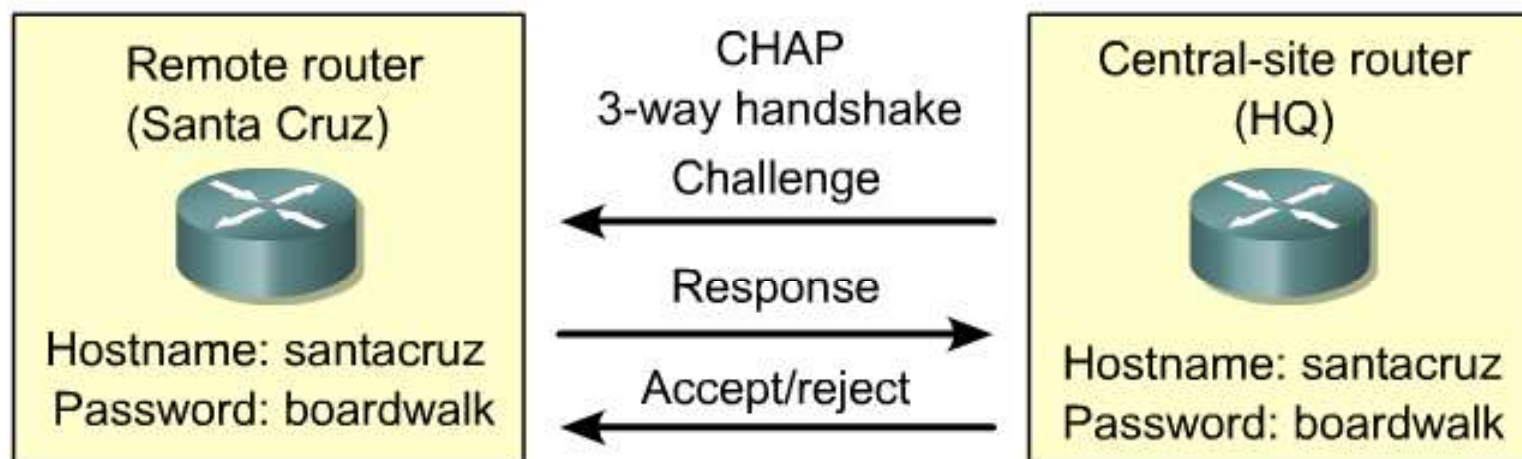


# PPP autentifikacija

- *Challenge Authentication Protocol (CHAP)*

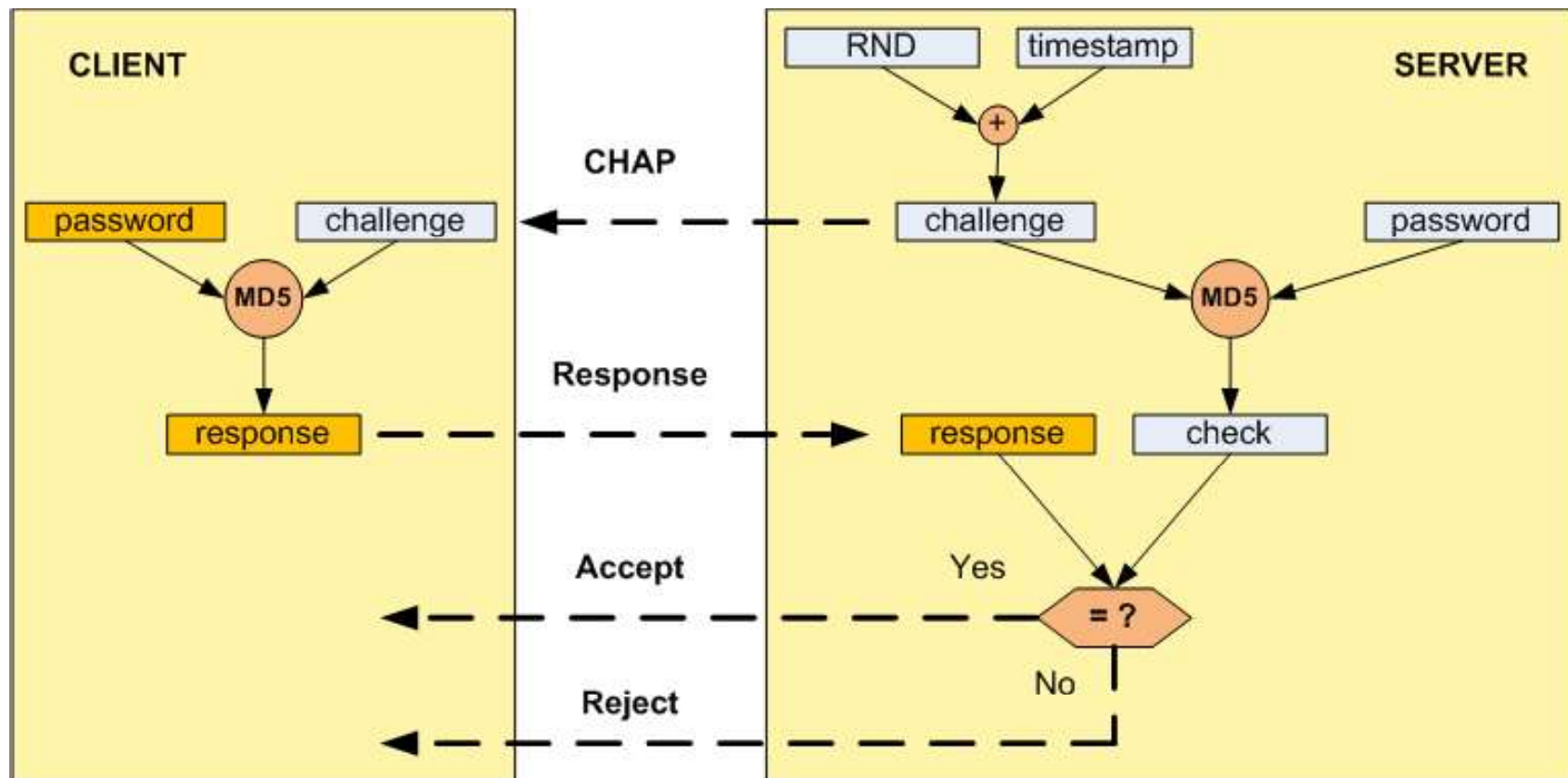
3 koraka:

- Challenge - Server šalje *challenge* – kombinacija vremena i slučajnih podataka
- Response - Klijent dodaje lozinuku i vraća vrednost izračunatu unapred poznatim algoritmom (MD5)
- Accept/Reject - Server sam računa tu vrednost na osnovu lokalnih podataka i poredi je sa dobijenom vrednosti



# PPP autentifikacija

- Primer



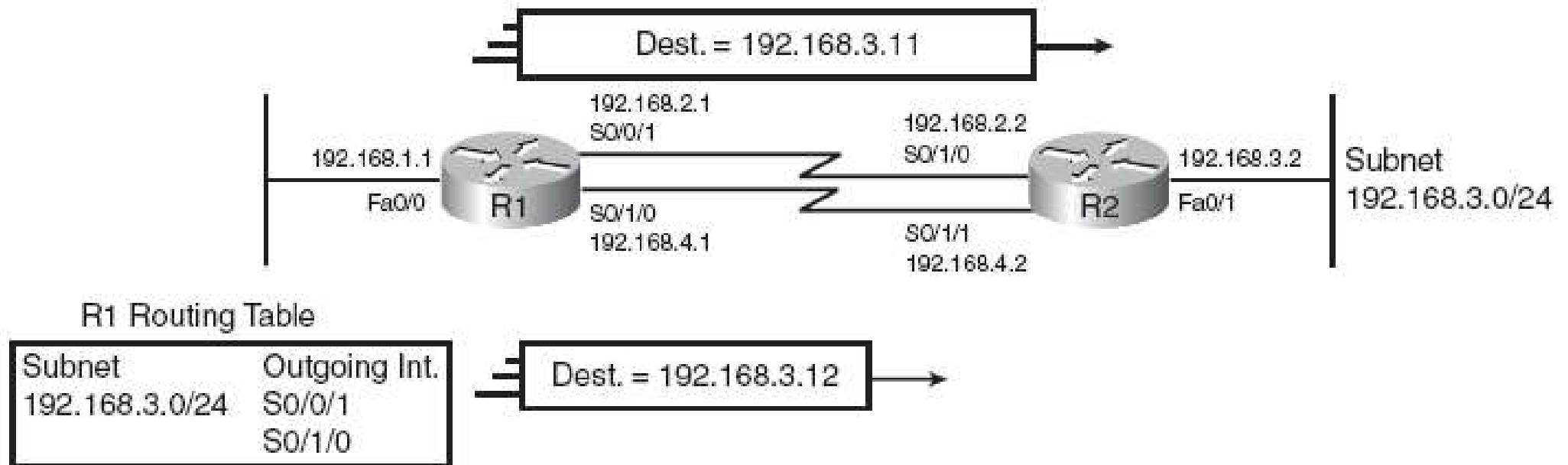
# PPP algoritmi kompresije

- **Predictor**
  - Predviđa se sekvenca karaktera u nizu podataka
  - Tabela čestih sekvenci – “rečnik kompresije”
  - Prepoznati nizovi se zamenjuju sa indeksima u “rečniku”
- **STAC**
  - realizovan od strane STAC Electronics
  - Lempel-Ziv (LZ) tip algoritma kompresije
  - U ulaznom nizu podataka traže se sekvence koje se ponavljaju
  - Pronađene sekvence se zamenjuju sa tzv. indeksima (*tokens*), koji su kraći od originalnog niza karaktera
- Problem je prenos već komprimovanih podataka
  - ponovna kompresija će da prouzrokuje duže rezultujuće podatke umesto da ih skрати



# PPP Multilink

- Mehanizam kojim se više fizičkih serijskih veza spajaju u jednu logičku
- Svaki datagram se deli na delove fiksne veličine koji se naizmenično šalju preko svakog od serijskih linkova
- Ukupan kapacitet veze se sumira



# PPP – detekcija greške

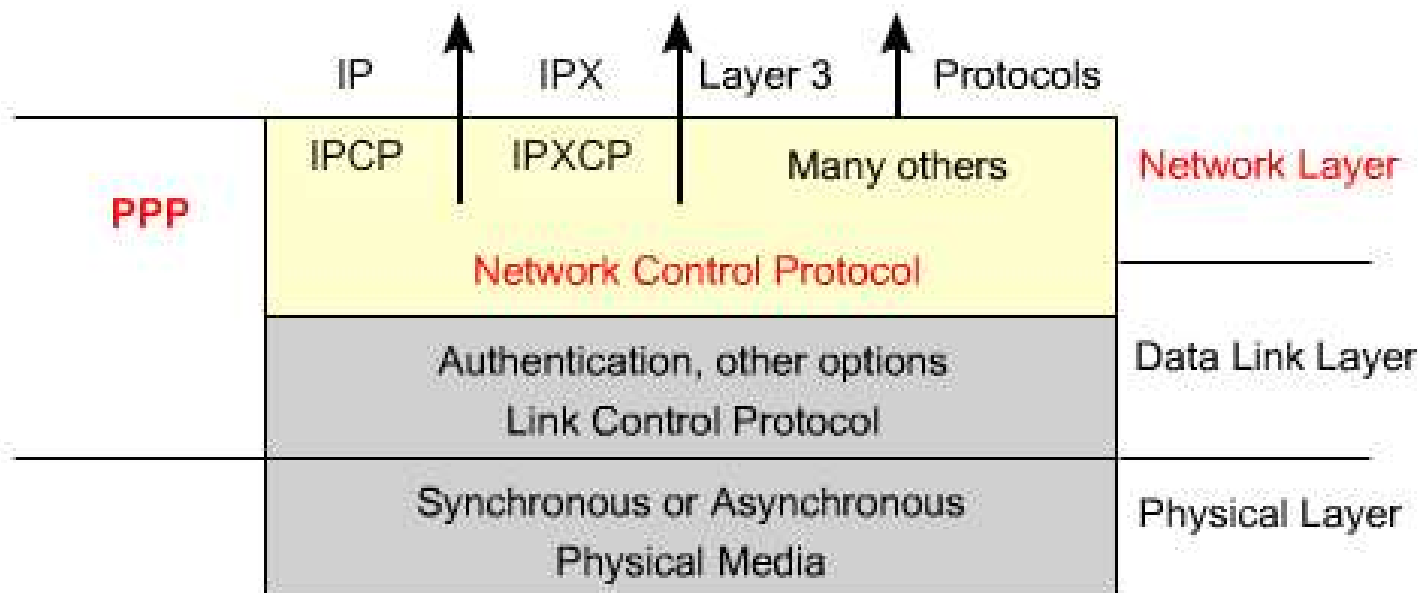
- LQM - *Link Quality Monitoring*
  - koristi LCP radi utvrđivanja broja grešaka pri prenosu
- LCP obe strane povremeno šalje poruke sa brojem ispravno primljenih paketa i bajtova
- Na drugoj strani se porede ovi podaci sa ukupno poslatim paketima i bajtovima
- Na osnovu toga se računa procenat grešaka u prenosu
- U slučaju da je procenat grešaka veći od konfigurisanog, LCP je da prekine vezu
- Ima smisla samo u slučaju rezervnih (backup) veza, koje će da se tada aktiviraju

# PPP – *callback*

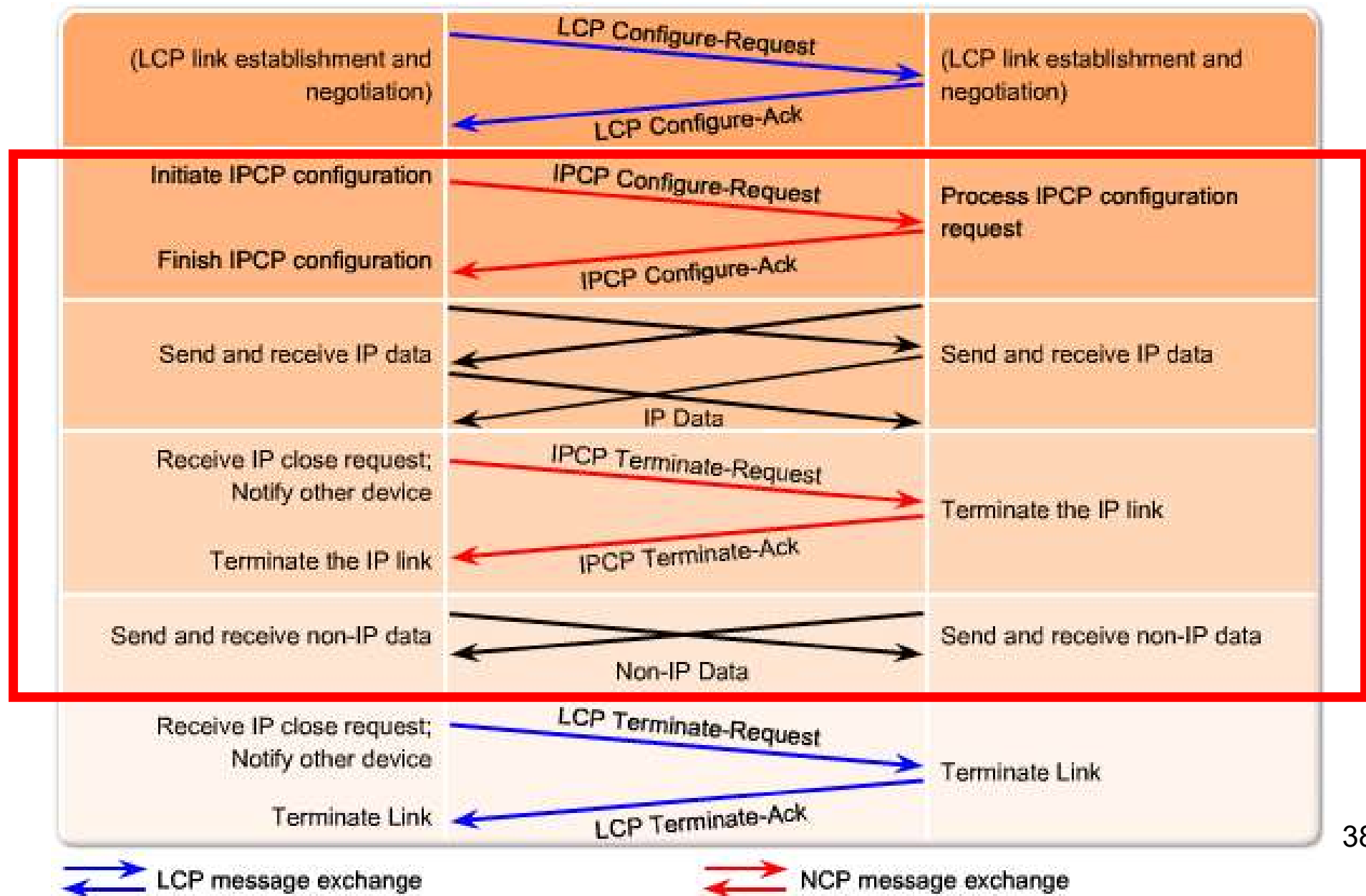
- *Callback* – “povratni poziv”
  - *callback* klijent i *callback* server
  - klijent inicira poziv, zahteva povratni poziv i prekida vezu
  - server inicira novi poziv (“povratni poziv”) prema klijentu na bazi konfigurisanih parametara
- Povećana sigurnost
  - server može da odbije neželjenog klijenta, ako nije klijent konfigurisan

# PPP NCP protokoli

- NCP – *Network Control Protocol*
  - uspostavlja i konfigurira različite protokole mrežnog nivoa (L3)
  - kada je NCP sesija uspostavljena, paketi između mrežnih slojeva mogu da se razmenjuju
  - kada sesija zatvori, mrežni slojevi se o tome informišu
- Primeri
  - IPCP (razmenjuje IP adrese krajeva linka, IP adrese DNS servera itd.)
  - IPXCP, CDPCP...



# PPP NCP - primer za IP

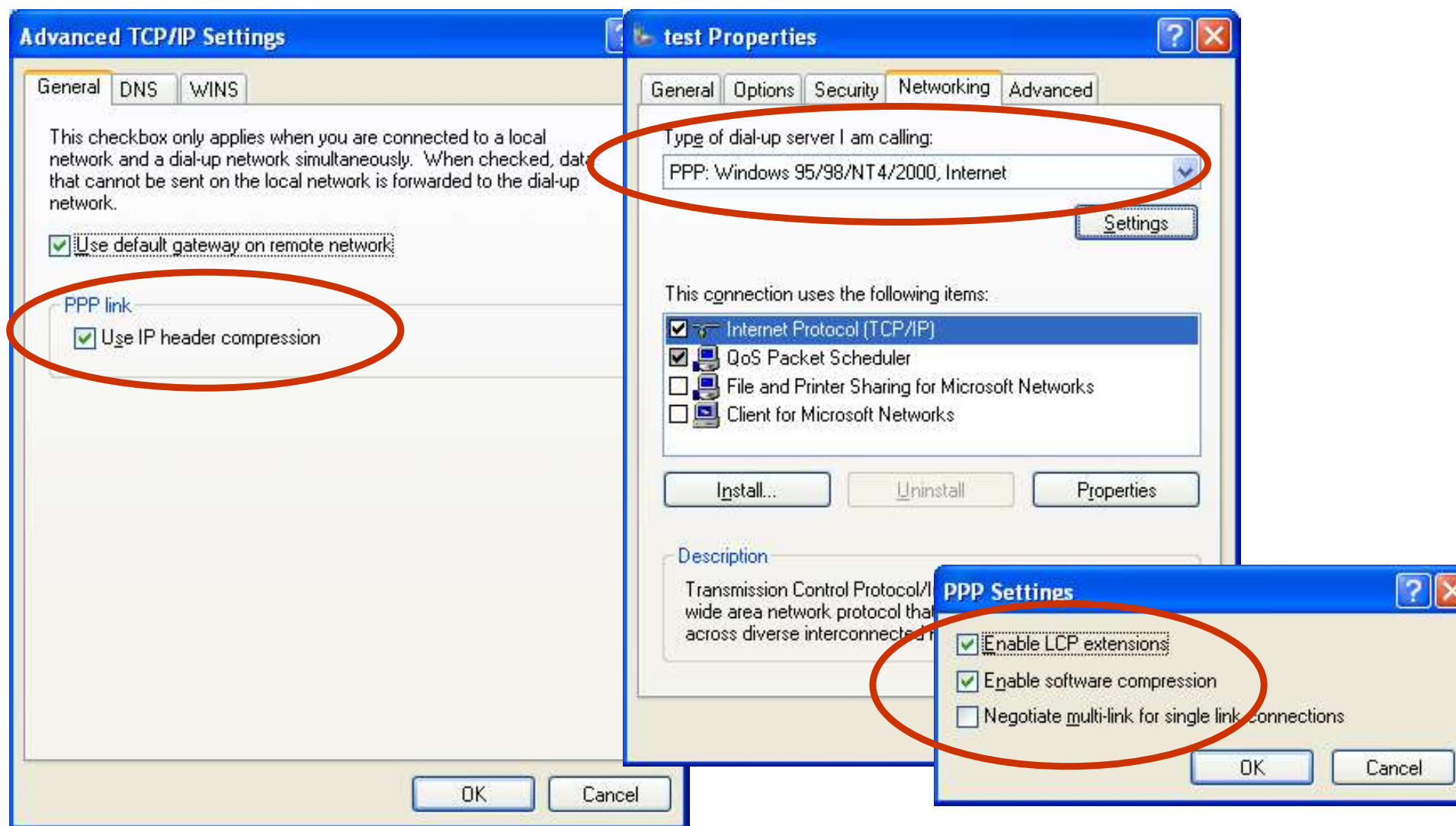


# PPP NCP - primer za IP

## IPCP

- usaglašavaju se dve opcione mogućnosti:
  - Kompresija TCP/IP hedera (L4 i L3)
    - moguće smanjenje na svega 3 bajta koršćenjem Van Jacobson algoritma
    - značajno na sporim linijama sa malim IP paketima (relativna dobit je značajna)
  - IP address – mogućnost specificiranja IP adrese, npr. kod *dial-up* korisnika

# PPP na Windows računarima



# Tunneling

- GRE - *Generic Routing Encapsulation*  
RFC 2784

