

5. Dizajn WAN mreže

Sadržaj poglavlja

5.1. Uvod u WAN

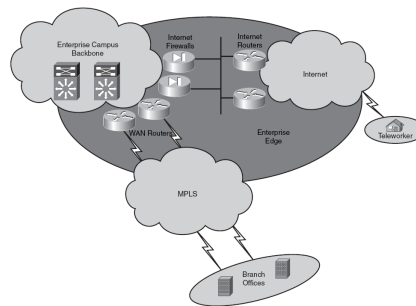
5.2. WAN tehnologije

5.3. Metodologija dizajna WAN mreže

5. Dizajn WAN mreže

5.1. Uvod u WAN

- ❑ WAN (Wide Area Network) predstavlja telekomunikacionu mrežu koja pokriva veliko geografsko područje.
- ❑ WAN povezivanje obično nude telekomunikacioni operatori.
- ❑ Prilikom dizajniranja WAN mreže treba voditi računa o aplikacijama koje će biti korišćene, obimu podataka koji će se prenositi i troškovima korišćenja WAN linkova i opreme.



5. Dizajn WAN mreže

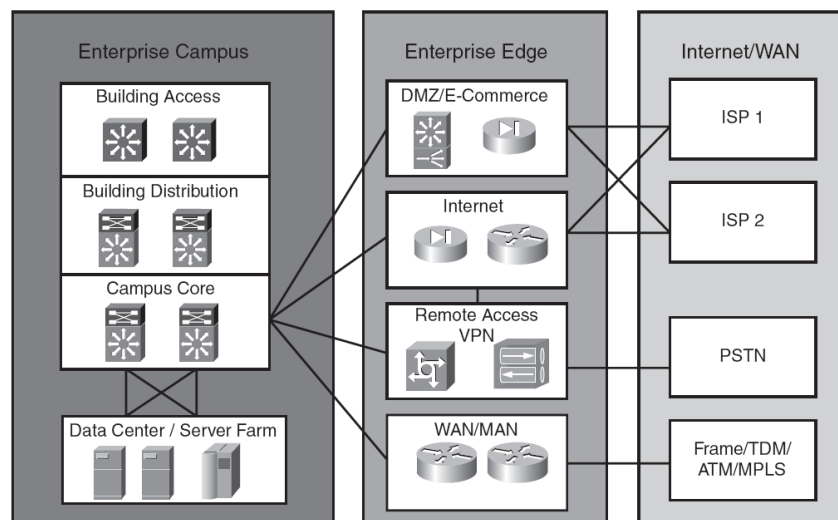
5.1. Uvod u WAN

WAN moduli:

- Enterprise Edge može imati više modula
 - Internet
 - DMZ
 - WAN
- ISP-ovi (Internet service providers) nude mnoštvo mogućih pristupa Internetu i DMZ rješenja.
- WAN povezivanje centralne lokacije i udaljenih lokacija se obavlja korišćenjem usluga telekomunikacionih operatora (MPLS VPN).
- Male udaljene lokacije se najčešće povezuju posredstvom PSTN (Public Switched Telephone Network) mreža (DSL ili FTTH).

5. Dizajn WAN mreže

5.1. Uvod u WAN



5. Dizajn WAN mreže

5.2. WAN tehnologije

- Iznajmljene linije
- DSL (Digital Subscriber Line)
- FTTH (Fiber to the Home)
- TDM (Time Division Multiplexing)
- SDH (Synchronous Digital Hierarchy)
- MPLS (Multi Protocol Label Switching)
- Bežične tehnologije
- Wavelength-division multiplexing (WDM)
- Dark fiber
- Metro Ethernet

5. Dizajn WAN mreže

5.2. WAN tehnologije

Iznajmljene linije

- iznajmljeni link
 - Optičko vlakno (dark fiber)
 - Bakarna upredena parica
- Rutere posjeduje kompanija
- mreža operatora je transparentna
- Fizički nivo OSI referentnog modela



5. Dizajn WAN mreže

5.2. WAN tehnologije

Dark Fiber

- Zakup optičkog vlakna od operatora
- Ne zakupljuje se tehnologija
- Kompanija prema svojim mogućnostima i potrebama odlučuje koju će tehnologiju implementirati
- Kompanija je potpuno odgovorna za performanse
- Projektovanje WAN mreže se svodi na iste principe na kojima počiva projektovanje mreže kampusa.

5. Dizajn WAN mreže

5.2. WAN tehnologije

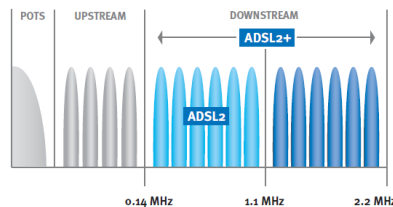
DSL:

- Digital subscriber line*
- Brzi digitalni prenos podatka preko telefonskih bakarnih parica pri čemu se koristi frekvencijski opseg iznad 4kHz
- Sofisticirane modulacione tehnike koje omogućavaju veće brzine od nekoliko Mb/s do Gb/s
- Stvarni kapaciteti zavise od tipa DSL servisa, DSL modema, dužine parice, kvaliteta parice i mnogih drugih faktora fizičkog nivoa
- ADSL (Asymmetric DSL) je veoma popularan
- VDSL (Very High Bit Rate DSL) se polako pojavljuje
- G.Fast treba da ponudi brzine reda 1Gb/s

Rezidencijalni pristup: telefonska mreža

□ ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line)

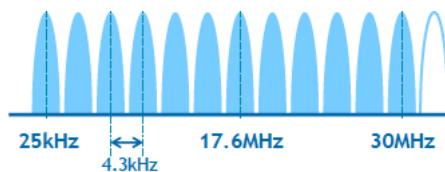
- ADSL2+ (ITU G.992.5 Annex M iz 2008. godine)
- do 3.3Mb/s upstream
- do 24Mb/s downstream
- Moguće je agregirati kapacitete više parica
- FDM (DMT - Discrete MultiTone):
 - 0 kHz - 4 kHz za telefon
 - 25kHz - 276kHz upstream (64 kanala širine 4.3125kHz)
 - 276kHz - 2208kHz downstream (512 kanala širine 4.3125kHz)



Rezidencijalni pristup: telefonska mreža

□ VDSL (Very high bit rate Digital Subscriber Line)

- VDSL2 Annex Q ili Vplus/35b (ITU G.993.2 amandman iz 2015. godine)
- do 100Mb/s upstream
- do 300Mb/s downstream
- Do 1km
- VDSL2 Vectoring (ITU-T G.993.5)
- FDM (DMT - Discrete MultiTone):
 - 25kHz - 35328kHz downstream (8192 kanala širine 4.3125kHz)



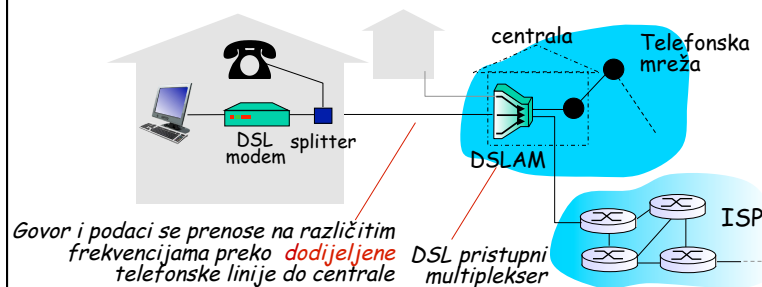
Rezidencijalni pristup: telefonska mreža

□ G.Fast (fast access to subscriber terminals)

- ITU-T G.9700 and G.9701 (2014)
- Opseg do 106MHz (212MHz u planu)
- Vremenski multipleks umjesto frekvencijskog
- Brzina prenosa od 100Mb/s do 1Gb/s
- 250m
- Implementacija u kombinaciji sa FTTH
- FDM (DMT - Discrete MultiTone)

Uvod 1-11

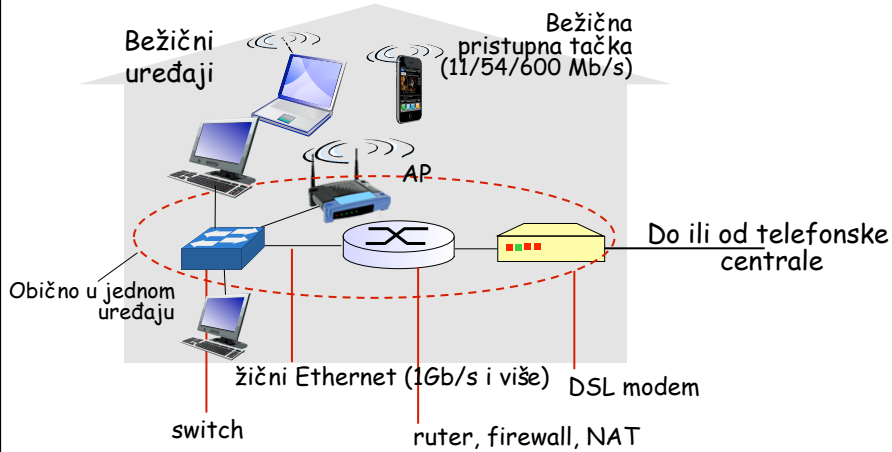
Pristupna mreža: digital subscriber line (DSL)



- ❖ koristi **postojeću** telefonsku liniju do DSLAM u telefonskoj centrali
 - Podaci se preko DSL linije prenose do Interneta
 - Govor se preko DSL linije prenosi do telefonske mreže

Uvod 1-12

Pristupna mreža: kućna mreža

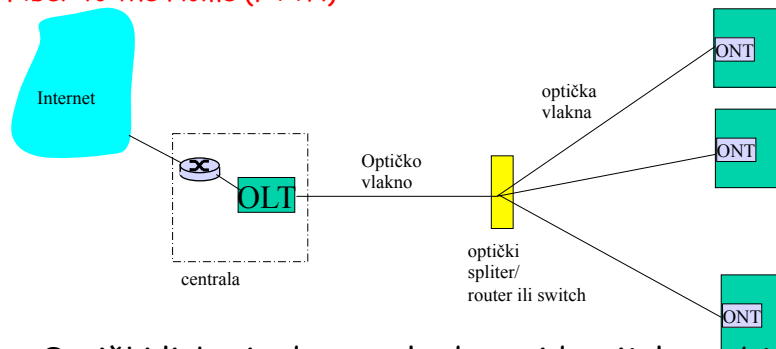


Uvod 1-13

5. Dizajn WAN mreže

5.2. WAN tehnologije

Fiber to the Home (FTTH)



- ❑ Optički linkovi od centrale do rezidencijalnog objekta
- ❑ Dvije konkurentne tehnologije:
 - Passive Optical network (PON) (20km, 32 korisnika)
 - Active Optical Network (AON) (70+20km, 500 korisnika)
- ❑ Mnogo veće brzine pristupa Internetu; triple play servisi

Uvod 1-14

5. Dizajn WAN mreže

5.2. WAN tehnologije

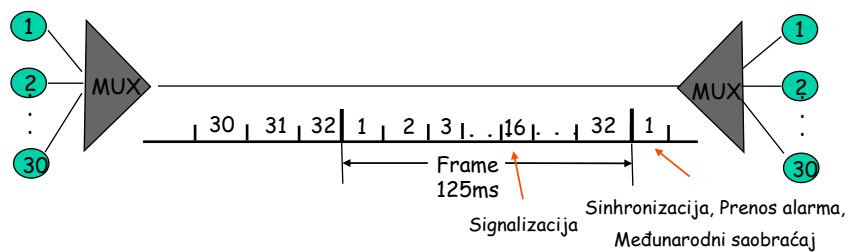
TDM:

- TDM (Time Division Multiplex) predstavlja vremenski multipleks koji se realizuje dijeljenjem telekomunikacionog resursa u vremenu (time sharing)
- E1
 - 30 kanala za prenos govora, videa i podataka
 - 1 kanal za sinhronizaciju
 - 1 kanal za signalizaciju
 - Brzina prenosa po kanalu 64kb/s
 - Ukupna brzina prenosa na interfejsu je 2,048Mb/s
 - Fiksna raspodjela kanala
 - Koristi se za udaljene lokacije srednje veličine kao glavno ili back-up rješenje
- E2
- E3
- E4

5. Dizajn WAN mreže

5.2. WAN tehnologije

- E-1 kombinuje 30 govornih kanala, kanal za sinhronizaciju i kanal za signalizaciju u jedan digitalni stream.
- CCITT G.704 i G.732
- AMI (*Alternate Mark Inversion*) - HDB3 (*High Density Bipolar 3*) kod
- CEPT-1 (*Committee European de Post et Telegraph*)



5. Dizajn WAN mreže

5.2. WAN tehnologije

SDH:

- SDH (Synchronous Digital Hierarchy) ili SONET u SAD
- ITU (International Telecommunication Union) standard
- Najčešće brzine prenosa su:
 - 155Mb/s (STM1)
 - 622Mb/s (STM4)
 - 2.5Gb/s (STM16)
 - 10Gb/s (STM64)
 - 40Gb/s (STM256)
- Prsten topologija

5. Dizajn WAN mreže

5.2. WAN tehnologije

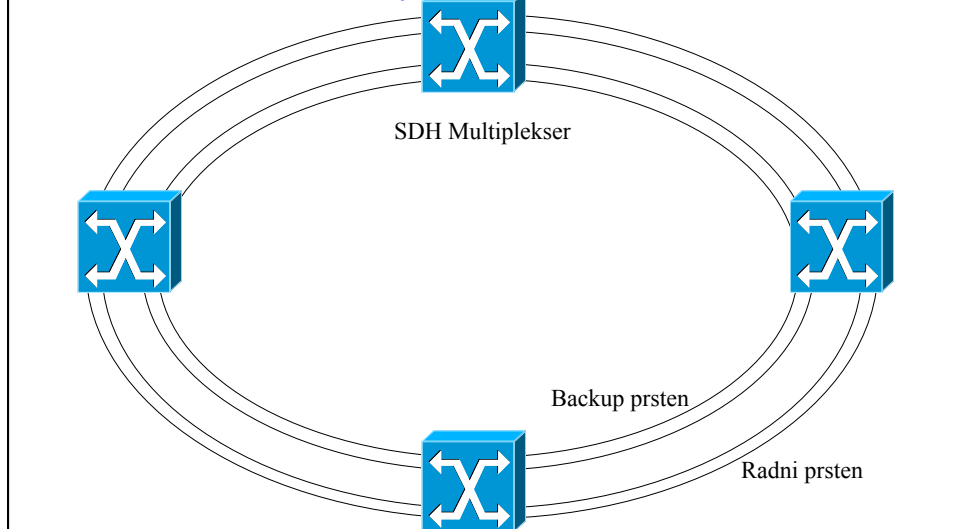
SONET i SDH hijerarhija

| <i>SONET Električni signal</i> | <i>Optički signal</i> | <i>Bit Rate (Mb/s)</i> | <i>SDH Električni signal</i> |
|--|----------------------------|------------------------|---|
| STS-1 | OC-1 | 51.84 | - |
| STS-3 | OC-3 | 155.52 | STM-1 |
| STS-9 | OC-9 | 466.56 | STM-3 |
| STS-12 | OC-12 | 622.08 | STM-4 |
| STS-18 | OC-18 | 933.12 | STM-6 |
| STS-24 | OC-24 | 1244.16 | STM-8 |
| STS-36 | OC-36 | 1866.24 | STM-12 |
| STS-48 | OC-48 | 2488.32 | STM-16 |
| STS-192 | OC-192 | 9953.28 | STM-64 |
| STS-768 | OC-768 | 39813.120 | STM-256 |
| STS-1536 | OC-1536 | 79626.120 | STM-512 |
| STS-3072 | OC-3072 | 159252.240 | STM-1024 |
| <i>STS: Synchronous Transport Signal</i> | <i>OC: Optical Carrier</i> | | <i>STM: Synchronous Transfer Module</i> |

5. Dizajn WAN mreže

5.2. WAN tehnologije

Tipična SDH topologija



5. Dizajn WAN mreže

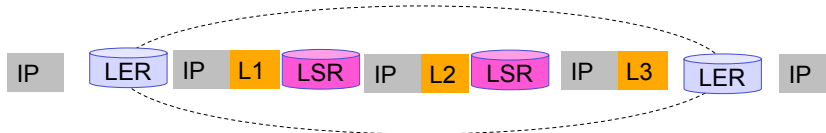
5.2. WAN tehnologije

MPLS:

- ❑ IP servis koji je baziran na **komutaciji labela**
- ❑ Efikasniji nego tradicionalno rutiranje na bazi IP adresa, jer se dodavanjem labele IP datagram pridružuje virtuelnom kolu čime kašnjenje postaje kontrolabilno.
- ❑ Labele se definišu na neki od sledećih načina:
 - Izvorišne IP adrese
 - Zahtijevanog QoS
- ❑ Primjena labela omogućava projektovanje sobračaja
- ❑ Maksimizuju se potencijali komutacije, a minimizuju nedostaci rutiranja
- ❑ Na nivou linka se mogu koristiti Ethernet, SDH,....

5. Dizajn WAN mreže

5.2. WAN tehnologije



- Skup protokola koji omogućavaju MPLS mrežu
 - Paketu se od strane LER (label edge routers) na ulazu u MPLS mrežu dodjeljuju *labela*
 - Paket se prosleđuju duž *Label-Switched Path (LSP)* u MPLS mreži korišćenjem komutacije labela koju obavljaju LSR
 - Paketu se od strane LER na izlazu iz MPLS mreže uklanja *labela*
 - Tokom prenosa kroz MPLS mrežu mogu se dodavati nove labela!

5. Dizajn WAN mreže

5.2. WAN tehnologije

Bežične:

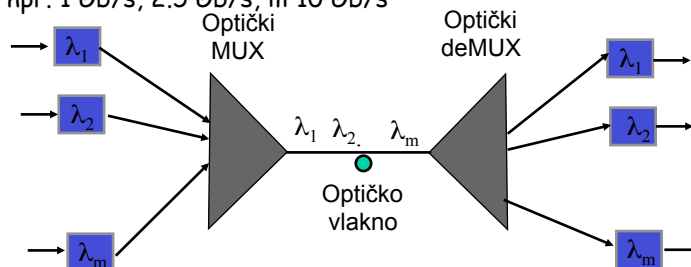
- **wider-area bežični pristup**
 - nude telekomunikacioni operatori
 - GSM ~ 9.6kb/s
 - GPRS/EDGE u Evropi ~ 128kb/s
 - 3G (UMTS) ~ 2Mb/s (384 kb/s)
 - HSxPA ~ 14.4Mb/s (1.5 Mb/s)
 - LTE ~ 144Mb/s (14Mb/s)
 - LTE Advanced ~ 1Gb/s (100Mb/s)
- **metropolitan area network**
 - WiMAX: ~ 70Mb/s

5. Dizajn WAN mreže

5.2. WAN tehnologije

Wavelength-division multiplexing (WDM)

- Optičko vlakno (najčešće monomodno vlakno čije je jezgro 9 μ m) nosi više talasnih dužina
 - Od nekoliko (4-8) do mnogo (64-160) talasnih dužina po jednom optičkom vlaknu
- Svaka talasna dužina nosi signal
 - Svaka signal može biti različitog formata
 - npr. 1 Gb/s, 2.5 Gb/s, ili 10 Gb/s



5. Dizajn WAN mreže

5.2. WAN tehnologije

Coarse WDM (CWDM)

- prenosi do 8 talasnih dužina
- ITU
- 20nm između kanala što je nedovoljno za korišćenje *Erbium Doped Fiber Amplifiers* (EDFA)
- 1310nm - 1610 nm
- 10GEthernet LX4
- CATV
- Small Form Factor Pluggable (SFP) primopredajnik omogućava korišćenje postojećih *ethernet switch*-eva kao komutatora talasnih dužina pomoću pasivnih optičkih multipleksera

5. Dizajn WAN mreže

5.2. WAN tehnologije

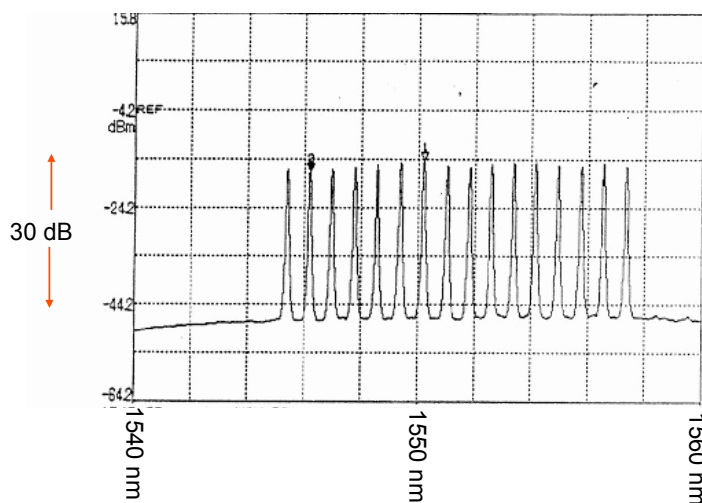
Dense WDM (DWDM)

- prenosi više od 8 aktivnih talasnih dužina
- Referentna talasna dužina je na 1552.52nm
- EDFA
- 0.4nm - 0.8nm je razmak između talasnih dužina
- Značajno veća cijena od CWDM
- Internet backbone
- Ukupni kapaciteti od nekoliko Tb/s

5. Dizajn WAN mreže

5.2. WAN tehnologije

Primjer: WDM sa 16 talasnih dužina



5. Dizajn WAN mreže

5.2. WAN tehnologije

Metro Ethernet

- Metro Ethernet se koristi za obezbjeđivanje veoma brze MAN/WAN konekcije koja ima nisku cijenu.
- Operatori nude Metro Ethernet za ostvarivanje velikog broja konvergentnih servisa kao što su podaci, govor i video.
- Metro Ethernet nudi kompanijsku LAN funkcionalnost u MAN i WAN okruženju, kako bi se povećala propusnost aplikacija.
- Brzine prenosa Metro Ethernet se kreće od 10Mb/s do 100Gb/s što obezbjeđuje visoke performanse i veći QoS.
- Za razliku od tradicionalnog TDM-a, Metro Ethernet servisi su mnogo jednostavniji za implementaciju i mnogo su konformniji za korisnike koji su navikli na Ethernet.

5. Dizajn WAN mreže

5.2. WAN tehnologije

Poređenje WAN tehnologija:

| WAN tehnologija | Opseg (brzina prenosa) | Pouzdanost | Kašnjenje | Cijena |
|-----------------|------------------------|------------|-----------|---------|
| FTTH | Visok | Visoka | Nisko | Srednje |
| TDM | Srednji | Visoka | Nisko | Srednja |
| SDH | Visok | Visoka | Nisko | Visoka |
| MPLS | Visok | Visoka | Nisko | Visoka |
| Dark fiber | Visok | Visoka | Nisko | Visoka |
| DWDM | Visok | Visoka | Nisko | Visoka |
| DSL | Nizak/srednji | Niska | Srednje | Niska |
| Kablovska | Nizak/srednji | Niska | Srednje | Niska |
| Bežična | Nizak/srednji | Niska | Srednje | Srednja |
| Metro Ethernet | Visok | Visoka | Nisko | Srednja |

5. Dizajn WAN mreže

5.3. Metodologija dizajna WAN mreže

PPIDOO:

- Tehnički ciljevi projekta WAN mreže treba da zadovolje potrebe korisnika (tip aplikacija, obim saobraćaja i karakteristike saobraćaja)
- Opis postojeće mreže (pregled tehnologija i lokacija na kojima se nalaze hostovi, serveri, mrežna oprema,...)
- Dizajn topologije je baziran na dostupnoj tehnologiji, projektovanom saobraćaju, performansama mreže, pouzdanosti i planu implementacije.

5. Dizajn WAN mreže

5.3. Metodologija dizajna WAN mreže

Tehnički ciljevi:

- Skalabilnost (*Scalability*)
- Dostupnost (*Availability*)
- Performanse (*Performance*)
- Sigurnost (*Security*)
- Upravljivost (*Manageability*)
- Mogućnost korišćenja (*Usability*)
- Adaptabilnost (*Adaptability*)
- Da li se može priuštiti (*Affordability*)

5. Dizajn WAN mreže

5.3. Metodologija dizajna WAN mreže

Skalabilnost

- ❑ Skalabilnost se odnosi na mogućnost proširenja mreža.
- ❑ Od korisnika treba dobiti informaciju o razvojnim planovima kompanije u narednih nekoliko godina.
- ❑ Potrebno je utvrditi (za period od najmanje naredne 2 godine):
 - Broj lokacija koje će biti dodate
 - Potrebe na svakoj lokaciji
 - Povećanje broja korisnika
 - Povećanje broja servera

5. Dizajn WAN mreže

5.3. WAN tehnologije

Skalabilnost (nastavak)

- ❑ Izbor tehnologija koje treba da podrže korisnikove ciljeve sa stanovišta skalabilnosti je veoma važan proces, koji treba da razmotri uticaj na skalabilnost koji imaju:
 - Karakter i obim saobraćaja (npr., *Flat network* dizajn nije skalabilan, posebno u slučaju povećanja broja korisnika zbog uticaja broadcast saobraćaja)
 - Tehnike komutacije i protokoli rutiranja
 - WAN tehnologije i mrežni uređaji

5. Dizajn WAN mreže

5.3. WAN tehnologije

Dostupnost!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!

- ❑ Može se izraziti u procentu vremena funkcionisanja mreže u odnosu na period posmatranja.
 - Npr.:
 - Funkcionisanje 24/7 ili
 - Mreža funkcioniše ispravno 165 sati u 168 satnoj nedjelji (Dostupnost je 98.21%)
- ❑ Nije isto što i pouzdanost.
- ❑ Dostupnost je povezana sa pouzdanošću, kapacitetom, redundansom i sposobnošću oporavka.
- ❑ Svaka kompanija mora da razmišlja o vanrednim okolnostima (prirodnim i društvenim katastrofama) i napravi odgovarajuće procedure.
- ❑ Različite aplikacije zahtijevaju različite nivoe dostupnosti.
- ❑ Neke kompanije mogu zahtijevati dostupnost od 99.999% ili "Pet devetki"

5. Dizajn WAN mreže

5.3. WAN tehnologije

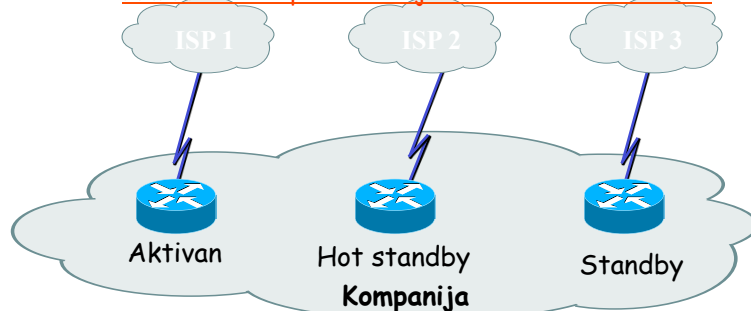
Dostupnost: Vrijeme ispada u minutima

| | Po satu | Po danu | Po nedjelji | Po godini |
|---------|---------|---------|-------------|-----------|
| 99.999% | .0006 | .01 | .10 | 5 |
| 99.98% | .012 | .29 | 2 | 105 |
| 99.95% | .03 | .72 | 5 | 263 |
| 99.90% | .06 | 1.44 | 10 | 526 |
| 99.70% | .18 | 4.32 | 30 | 1577 |

5. Dizajn WAN mreže

5.3. WAN tehnologije

99.999% dostupnost zahtijeva trostruku redundansu



- ❑ Ekstremno je teško postići jer je potrebna redundansa HW, SW, linkova i osoblja.
- ❑ Postavlja se pitanje da li kompanija može sebi to priuštiti?
- ❑ Pet devetki na opremi ili softveru ne znači da se to odnosi i na mrežu u kojoj funkcioniše.

Prethodna slika nije preporuka!!!!

5. Dizajn WAN mreže

5.3. WAN tehnologije

Dostupnost

- ❑ Dostupnost se može izraziti i preko srednjeg vremena između dva otkaza (Mean Time Between Failure - MTBF) i srednjeg vremena oporavka (Mean Time To Repair MTTR) koji mijenjaju proste procenete.
- ❑ Dostupnost = $MTBF / (MTBF + MTTR)$
 - Npr.:
 - Mreža nebi trebala da padne više od jedan put svakih 4,000 sati (166 dana) i biće podignuta tokom jednog sata
 - Dostupnost od $4,000 / 4,001 = 99.98\%$ što je tipična vrijednost za veliki broj kompanija.
- ❑ Za različite segmente mreže ili aplikacije mogu se definisati različiti parametri dostupnosti, koji se recimo za opremu mogu naći u katalozima ili na forumima njihovih korisnika.
- ❑ Pored srednjih vremena postoji i varijansa!

Zadatak 1

Izračunati dostupnost koju garantuje uređaj čiji je MTBF=125dana, a MTTR=30min.

$$\begin{aligned} Dostupnost &= \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} = \frac{125 * 24 * 60 \text{ min}}{125 * 24 * 60 \text{ min} + 30 \text{ min}} = \\ &= \frac{180000}{180030} = 0.9998333611064823 \approx 99.98\% \end{aligned}$$

Zadatak 2

Izračunati MTBF uređaja čija je dostupnost koju garantuje 99.985%, a MTTR=2min.

$$\begin{aligned} Dostupnost &= \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \Rightarrow MTBF = Dostupnost * MTBF + Dostupnost * MTTR \Rightarrow \\ \Rightarrow MTBF &= \frac{Dostupnost * MTTR}{1 - Dostupnost} = \frac{0.99985 * 2 \text{ min}}{1 - 0.99985} = \frac{1.9997}{0.00015} \text{ min} = 13331.333333333333 \text{ min} = 799880s \end{aligned}$$

5. Dizajn WAN mreže

5.3. WAN tehnologije

Mrežne performanse

- Kapacitet (*Capacity, Bandwidth*)
- Propusnost (*Throughput*)
- Iskorišćenje kapaciteta (*Bandwidth utilization*)
- Ponuđeno opterećenje (*Offered load*)
- Ispravnost prenosa (*Accuracy*)
- Efikasnost (*Efficiency*)
- Kašnjenje i varijacija kašnjenja (*Delay latency i delay variation*)
- Vrijeme odziva (*Response time*)

5. Dizajn WAN mreže

5.3. WAN tehnologije

Iskorišćenje kapaciteta

- Nivo iskorišćenog kapaciteta mreže/linka u posmatranom vremenu i izražava se u procentima.
- Optimalno 70% za WAN

5. Dizajn WAN mreže

5.3. WAN tehnologije

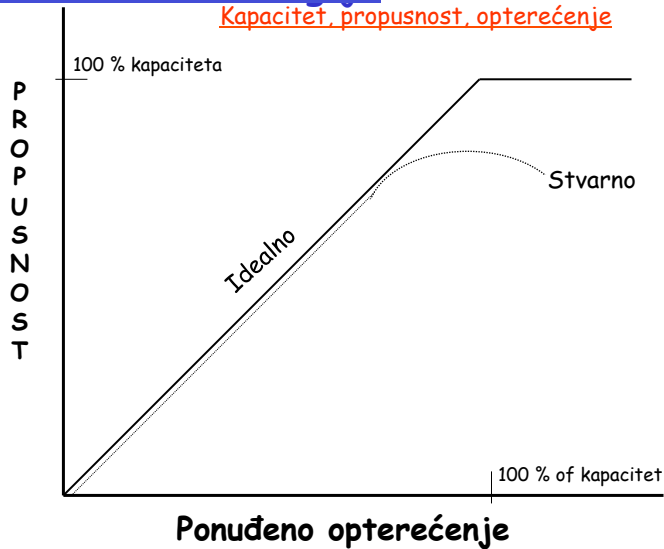
Kapacitet/propusnost

- Kapacitet i propusnost se razlikuju!
- Kapacitet je količina podataka koja se prenosi preko linka (izražava se u b/s), obično je konstantna veličina i zavisi od tehnologije primijenjene na fizičkom nivou.
- Propusnost je količina podataka koji se prenosi bez greške u jedinici vremena (izražava se u b/s, B/s ili p/s), promjenljiva je i zavisi od protokola nivoa linka (tehnika pristupa), opterećenje mreže i nivoa greške.

5. Dizajn WAN mreže

5.3. WAN tehnologije

Kapacitet, propusnost, opterećenje



5. Dizajn WAN mreže

5.3. WAN tehnologije

Drugi faktori koji utiču na propusnost (nivo aplikacije)

- ❑ Generatori sobračaja se koriste za procjenu propusnosti mreže i uređaja.
- ❑ Veličina paketa (veći paket manji p/s, 400 miliona p/s je propusnost Cisco Catalyst 6500 switcha za 64B paket)
- ❑ Inter-frame praznine između frejmova
- ❑ p/s karakteristike mrežnih uređaja
- ❑ Karakteristike klijenta (CPU, memorija, i brzina pristupa HD)
- ❑ Karakteristike servera (CPU, memorija, i brzina pristupa HD)
- ❑ Mrežni dizajn
- ❑ Protokoli (procedure, kontrole, tajmeri,...)
- ❑ Rastojanja
- ❑ Greške
- ❑ Doba dana,....

5. Dizajn WAN mreže

5.3. WAN tehnologije

Propusnost/Goodput

- ❑ Korisniku treba precizirati šta se pod propusnošću podrazumijeva
- ❑ Dali se misli na B/s, bez obzira dali se u tim bajtima prenose korisničke informacije ili zaglavlje (kontrolne informacije).
 - Ako se misli samo na korisničke podatke onda je u pitanju “goodput”
 - U tom slučaju, mora se utvrditi dio opsega koji se “gubi” zbog zaglavlja u svakom paketu

5. Dizajn WAN mreže

5.3. WAN tehnologije

Ispravnost prenosa

- Primljeni podaci moraju biti identični poslatim!
- Razlozi za greške u prenosu:
 - Nestanak struje
 - Kratak spoj
 - Prekid linka
 - Otkaz uređaja
 - Šum
 - Greške u softveru
- Mora se obaviti retransmisija pogrešno prenetih podataka, što obara propusnost.

5. Dizajn WAN mreže

5.3. WAN tehnologije

Ispravnost prenosa (nastavak)

- WAN linkovi se opisuju Bit Error Rate-om (BER) koji se kreće od 10^{-6} na bakarnim linkovima do 10^{-12} na optičkim vlaknima
- Neredosledan prenos (nije zadatak mrežnih uređaja tako da se može mjeriti samo na krajevima pomoću protokol analizatora)

5. Dizajn WAN mreže

5.3. WAN tehnologije

Efikasnost

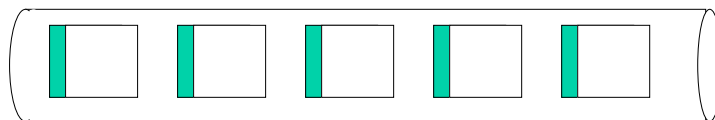
- Kolika količina podataka zaglavljiva je potrebna da bi se prenijela određena količina podataka?
- Koliko veliki paketi mogu biti?
 - Veći znače veću efikasnost (i goodput)
 - Ali preveliki znače da se gubi velika količina podataka, ako je paket oštećen!
 - Koliko paket se može poslati odjednom bez potvrde prijema?

5. Dizajn WAN mreže

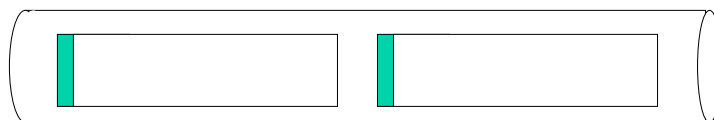
5.3. WAN tehnologije

Efikasnost

Mali frejmovi (manja efikasnost)



Veliki frejmovi (veća efikasnost)



Zadatak 3

Koliko iznosi efikasnost Ethernet/TCP/IP mreže? Pretpostaviti da je veličina Ethernet frejma 1522B, dok su veličine zaglavlja TCP, IP i Etherneta, 20B, 20B i 22B. Zanemariti veličinu zaglavlja protokola nivoa aplikacije.

$$\text{Efikasnost} = \frac{\text{payload}}{\text{ukupna_velicina_paketa}} = \frac{1522B - 20B - 20B - 22B}{1522B} = \frac{1460}{1522} = 0.9592641261498029 \approx 95.93\%$$

5. Dizajn WAN mreže

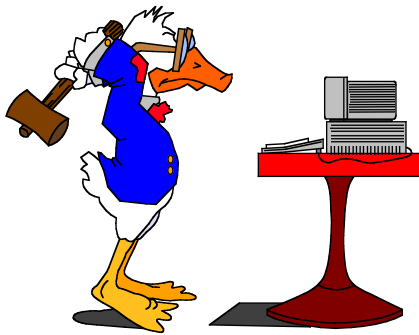
5.3. WAN tehnologije

Maksimalna veličina fejmova je kompromis sa BER

| Tehnologija | Maksimalna dozvoljena veličina frejma |
|---|---|
| Ethernet | 1522B, uključujući zaglavlje, CRC i 802.1Q VLAN tag |
| 4-Mb/s Token Ring | 4500 B |
| 16-Mb/s Token Ring | 18,000 B |
| FDDI | 4500 B |
| ATM sa AAL5 | 65,535 B (AAL5 polje podataka) |
| ISDN Basic Rate Interface (BRI) i Primary Rate Interface (PRI) sa Point-to-Point Protocol (PPP) | 1500 B |
| Frame Relay (ili jumbo Ethernet frame) | 9000 B |

5. Dizajn WAN mreže

5.3. WAN tehnologije



Kašnjenje iz korisnikove perspektive

- ❑ Zavisí i od aplikacije/ računara, a ne samo od mreže.
- ❑ Većina korisnika očekuje da vidi odziv na ekranu za 100 do 200ms.
- ❑ 100ms je vrijednost tajmera kod TCP protokola

5. Dizajn WAN mreže

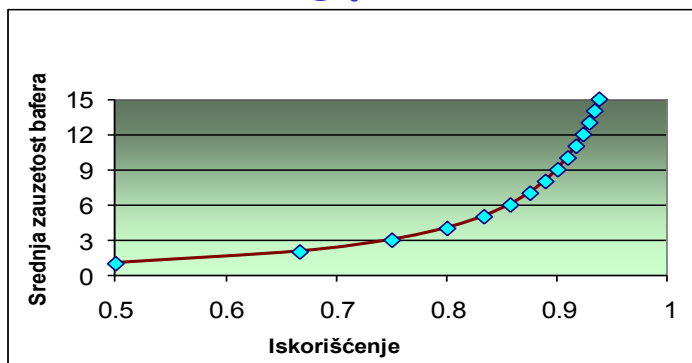
5.3. WAN tehnologije

Kašnjenje iz perspektive inženjera

- ❑ Kašnjenje uslijed propagacije.
- ❑ Kašnjenje uslijed prenosa (*Transmission* ili *serialization delay*).
- ❑ Kašnjenje uslijed obrade u čvorištu. Ko unosi veće kašnjenje ruter ili switch?
- ❑ Kašnjenje uslijed čekanja u baferu.

5. Dizajn WAN mreže

5.3. WAN tehnologije



- Iskorišćenje je jednako odnosu ponuđenog opterećenja i kapaciteta
- Broj paketa u baferu raste eksponencijalno sa povećanjem iskorišćenja

Srednja zauzetost bafera = $\text{Iskorišćenje} / (1 - \text{Iskorišćenje})$

Srednje kašnjenje usled baferovanja = $\text{Srednja zauzetost bafera} / \text{Ponuđeno opterećenje}$

5. Dizajn WAN mreže

5.3. WAN tehnologije

Primjer

- Komutator paketa ima 5 korisnika, od kojih svaki prosječno šalje 10 paketa/s
- Srednja veličina paketa je 1024b
- Komutator paketa treba da pošalje podatke preko WAN linka kapaciteta 56kb/s
 - Opterećenje = $5 \times 10 \times 1,024 = 51,200 \text{ b/s}$
 - Iskorišćenje = $51,200 / 56,000 = 91.4\%$
 - Srednji broj paketa u baferu = $(0.914) / (1 - 0.914) = 10.63 \text{ paketa}$
 - Srednje kašnjenje = $\text{srednji broj paketa} / \text{opterećenje} = 0.2126 \text{ s}$

Zadatak 4

U jednoj računarskoj mreži je na 16 portni switch vezano 11 računara. Svaki računar generiše prosječno 250 frejmova/min, pri čemu je veličina frejma 1.5kB. Ako se preko komutatora ostvaruje veza prema Internetu linkom kapaciteta 1Mb/s izračunati koliko iznosi iskorišćenje linka, kao i srednje kašnjenje koje unosi komutator?

$$\text{Ponudjeno_opterećenje} = 11 * \frac{250}{60} \frac{f}{s} * 1.5 * 1024 * 8 \frac{b}{f} = 563200 \frac{b}{s}$$

$$\text{Iskoriscenje} = \frac{\text{Ponudjeno_opterećenje}}{\text{Kapacitet}} = \frac{563200 \frac{b}{s}}{1000000 \frac{b}{s}} = 0.5623$$

$$\text{Srednja_zauzetost_bafera} = \frac{0.5623}{1 - 0.5623} = \frac{0.5623}{0.4377} =$$

$$= 1.284669865204478 \quad f = 1.284669865204478 \text{ f} * 1.5 * 1024 * 8 \frac{b}{f} \approx 15786 \text{ b}$$

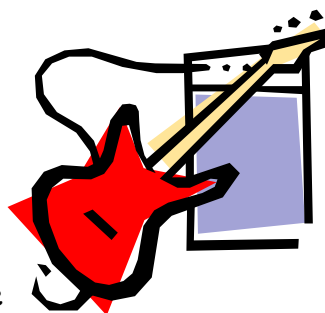
$$\text{Srednje_kasnjenje_usled_baferovanja} = \frac{\text{Srednja_zauzetost_bafera}}{\text{Ponudjeno_opterećenje}} = \frac{15786 \text{ b}}{563200 \frac{b}{s}} \approx 28 \text{ ms}$$

5. Dizajn WAN mreže

5.3. WAN tehnologije

Varijacija kašnjenja

- Vrijednost srednjeg kašnjenja varira
 - Poznat pod imenom jitter
- Govor, video, i audio ne tolerišu varijaciju kašnjenja
- Najbolje je izbjegavati velike pakete
 - Uvijek se mora napraviti kompromis
 - Veća efikasnost je potrebna aplikacijama koje generišu veliku količinu podataka nego aplikacijama koje generišu malu količinu podataka i zahtijevaju odsustvo jittera



5. Dizajn WAN mreže

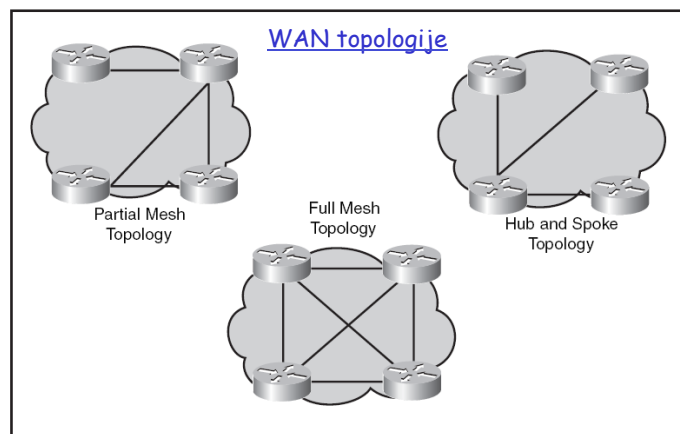
5.3. WAN tehnologije

Sigurnost

- ❑ Jedan od najvažnijih aspekata projektovanja.
- ❑ Ne smije se ugroziti funkcionisanje kompanije.
- ❑ Prvi zadatak je planiranje:
 - Identifikacija mrežnih resursa
 - Uključuje njihovu vrijednost i očekivane troškove njihovog gubitka uslijed sigurnosnih problema
 - Analiza sigurnosnih rizika
 - Donošenje procedura
 - Moraju se napraviti neki kompromisi!!!!

5. Dizajn WAN mreže

5.3. WAN tehnologije



5. Dizajn WAN mreže

5.3. WAN tehnologije

Hub-spoke WAN topologija:

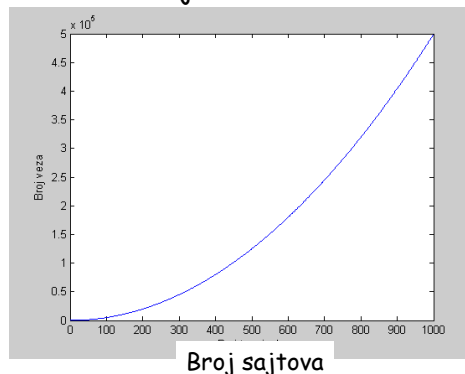
- Zvezda topologija u čijem se središtu (hub) nalazi ruter koji je preko WAN linkova povezan sa ruterima na drugima lokacijama (spoke).
- Komunikacija između lokacija se obavlja preko centralne lokacije (hub rutera)
- Postiže se značajna ušteda prilikom iznajmljivanja WAN linkova, uz jednostavno upravljanje WAN mrežom.
- Radi se o veoma popularnoj topologiji.
- Najveći nedostatak ove topologije je činjenica da je hub ruter jedna tačka otkaza.
- Pored ovog nedostatka kao problem se javlja i ograničavanje performansi prilikom pristupa resursima na centralnoj lokaciji što utiče na skalabilnost.

5. Dizajn WAN mreže

5.3. WAN tehnologije

Full mesh WAN topologija:

- Svaka lokacija je povezana sa svakom lokacijom.
- Sa povećanjem broja sajtova, povećava se broj linkova. Ako je broj sajtova N, ukupan broj potrebnih linkova je $N(N-1)/2$.
- Iz tog razloga ova mreža nije dobro rešenje za WAN mreže sa velikim brojem sajtova.
- Ključna prednost ove mreže je velika redundansa koja se ipak skupo plaća.



5. Dizajn WAN mreže

5.3. WAN tehnologije

Partial mesh WAN topologija:

- ❑ Ima manje konekcija od full mesh topologije
- ❑ Ključne lokacije se povezuju sa svim ostalim.
- ❑ Na ključnim lokacijama se obezbeđuje veća redundansa.

5. Dizajn WAN mreže

5.3. WAN tehnologije

Potrebe i tehnologije dizajna udaljenog pristupa :

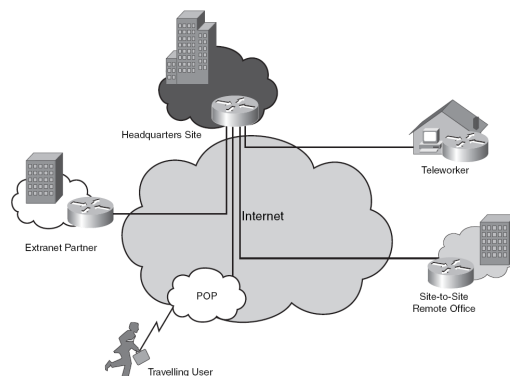
- ❑ Tipične potrebe
 - Best-effort interaktivni saobraćaj niskog obima
 - Povezivanje na Enterprise Edge korišćenjem Layer 2 WAN tehnologija
 - Podrška za govor i VPN
- ❑ Tipične tehnologije
 - DSL, WLAN hotspot, WWAN,.....

5. Dizajn WAN mreže

5.3. WAN tehnologije

Dizajn VPN

- VPN (Virtual private networks) su slične tunelima kojima se prenosi saobraćaj preko postojeće IP infrastrukture (Internet, MPLS,...).
- Nedostatak korišćenje VPN preko mreže ISP je što povezivanje ima best effort prirodu.
- Detektovanje problema je gotovo neizvodljivo zbog nepoznavanja infrastrukture operatora.



5. Dizajn WAN mreže

5.3. WAN tehnologije

Vrste VPN-ova:

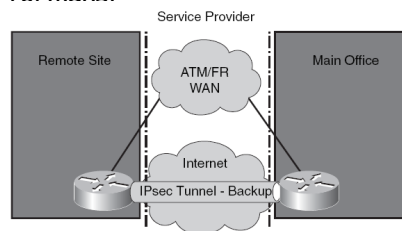
- Access VPN
 - Povezivanje korisnika na intranet mrežu kompanije posredstvom Interneta.
 - VPN klijenti su zaduženje kompanije, dok su konekcije nadležnost operatora.
 - VPN inicijalizovani od strane klijenata (IPSec)
 - VPN inicijalizovan od strane NAS (network access server)
- Intranet VPN
 - Povezivanje udaljenih lokacija preko Interneta na centralnu lokaciju
 - Smanjivanje troškova
- Extranet VPN
 - Povezivanje partnera preko Interneta na kompanijsku mrežu

5. Dizajn WAN mreže

5.3. WAN tehnologije

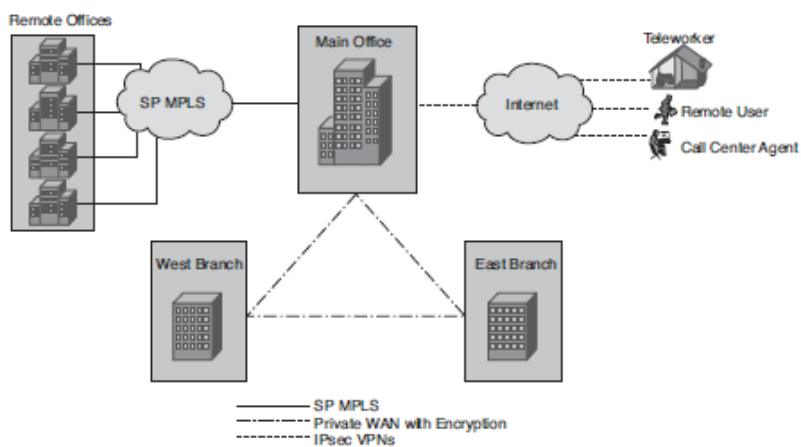
Vrste WAN backupa:

- Dial up backup
- Drugi WAN link
 - Dodatni opseg
 - Backup
 - Load balancing
- Internet
 - Nema garancija performansi
 - Zaštita



5. Dizajn WAN mreže

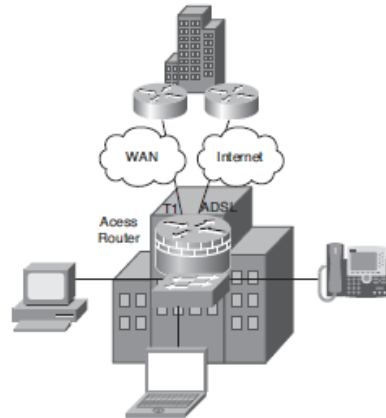
5.3. WAN tehnologije



WAN mreža - sumarium

5. Dizajn WAN mreže

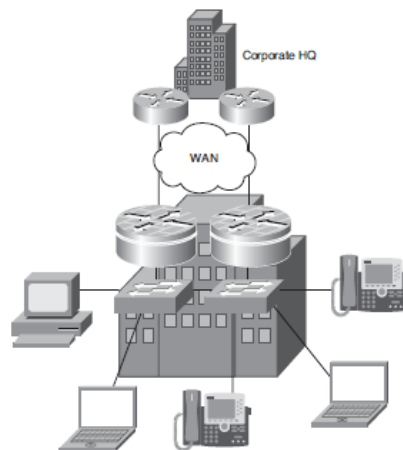
5.3. WAN tehnologije



Mala udaljena lokacija (do 100 korisnika)

5. Dizajn WAN mreže

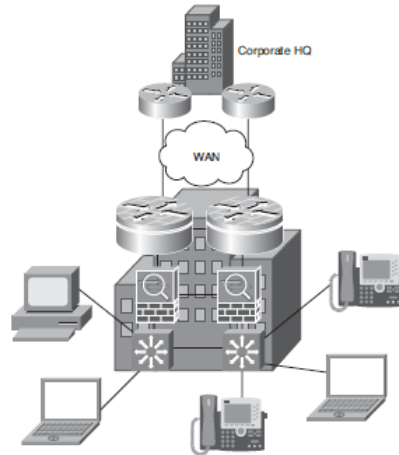
5.3. WAN tehnologije



Srednja udaljena lokacija (do 1000 korisnika)

5. Dizajn WAN mreže

5.3. WAN tehnologije



Velika udaljena lokacija (preko 1000 korisnika)