

2. Osnove projektovanja kompanijske LAN mreže

Sadržaj poglavlja

- 2.1. Ethernet
- 2.2. LAN hardware
- 2.3 VLAN
- 2.4. Tipovi i modeli LAN mreža
- 2.5. QoS u LAN mrežama

2. Osnove projektovanja kompanijske LAN mreže

2.1. Ethernet

Razmatraju se pravila prilikom dizajniranja mreža zasnovanih na:

- Ethernet
- Fast Ethernetu
- Gigabit Ethernetu
- 10 Gigabit Ethernetu
- 40 Gigabit Ethernetu
- 100 Gigabit Ethernetu
- EtherChannel-u

2. Osnove projektovanja kompanijske LAN mreže

2.1. IEEE 802.3

- IEEE802.3 je najzastupljenija tehnologija u LAN mrežama
- Od 1980-tih do danas doživio je nekoliko nadogradnji.
- Ethernet
- Fast Ethernet
- GEthernet
- 10GEthernet
- 40GEthernet
- 100GEthernet
- TbEthernet (400GEthernet se očekuje u 2018.)

2. Osnove projektovanja kompanijske LAN mreže

2.1. Ethernet

Struktura 802.3 Ethernet frejma

Preamble	Start delimiter	MAC adresa destinacije	MAC adresa izvorišta	802.1Q tag (opcija)	Ethertype ili veličina	Payload	CRC	Interframe gap
7B 10101010	10101011	6B	6B	(4 B)	2B	46-1500B	4B	12B
64-1522B								
72-1530B								
84-1542B								
Karakteristične vrijednosti EtherType polja: - 0x0800 (nosi IPv4 datagram) - 0x0806 (ARP frejm) - 0x8100 (IEEE 802.1Q frejm) - 0x86DD (nosi IPv6 datagram)								

2. Osnove projektovanja kompanijske LAN mreže

2.1. Ethernet

Specifikacija Ethernet pravila dizajniranja

Osobina	10Base5	10Base2	10BaseT	10BaseFP	10BaseFB	10BaseFL
Topologija	magistrala	magistrala	zvijezda	Pasivna zvijezda	okosnica	Link
Maksimalna veličina segmenta [m]	500	185	100m od čvorišta do stanice	1000	2000	2000
Maksimalna veličina kolizionog domena	*2500m sa 5 segmenata i četiri repeatera	*2500m sa 5 segmenata i četiri repeatera	* 2500m sa 5 segmenata i četiri repeatera na tri segmenta može biti hostova	2500m	2500m	2500m
* Na samo tri segmenta mogu imati vezani računari				Poslovne računarske mreže 5		

2. Osnove projektovanja kompanijske LAN mreže

2.1. Ethernet

Specifikacija FastEthernet (IEEE 802.3u-1995) pravila dizajniranja

Osobina	100BaseTX	100BaseT4	100BaseFX
Topologija	zvijezda	zvijezda	zvijezda
Maksimalna veličina segmenta [m]	100 m od čvorišta do stanice ili između dva čvorišta	100 m od čvorišta do stanice	2000m od čvorišta do stanice
Medijum za prenos	Dvije UTP parice Cat 5 ili bolje	Četiri UTP parice Cat 3, 4, 5 (3 za prenos, a jedna za kontrolu kolizije)	Dva multimodna ili monomodna vlakna

*Full duplex omogućava da Fast Ethernet nije ograničen pravilom od pet segmenata

Poslovne računarske mreže 6

2. Osnove projektovanja kompanijske LAN mreže

2.1. Ethernet

Specifikacija GigabitEthernet (IEEE 802.3-2008) pravila dizajniranja

Osobina	1000BaseT	1000BaseLX	1000BaseSX	1000BaseZX
Topologija	zvijezda	zvijezda	zvijezda	zvijezda
Maksimalna veličina segmenta [m]	100	5km (monomodno 9 μ m) 440m (multimodno 62,5 μ m) 550m (multimodno 50 μ m) Koristi se talasna dužina na 1300nm	260m (62,5 μ m) 550m (50 μ m) Koristi se talasna dužina na 850nm	1550nm, 70km
Medijum za prenos	Četiri parice Cat 5 UTP ili bolje	Monomodno vlakno Multimodno vlakno	Multimodno vlakno	Monomodno vlakno

* Isti format i veličina frejma kao kod Ethernet/FastEtherneta. Full duplex prenos. CSMA/CD

Poslovne računarske mreže 7

2. Osnove projektovanja kompanijske LAN mreže

2.1. Ethernet

Specifikacija 10GigabitEthernet (IEEE 802.3-2015) pravila dizajniranja

Osobina	10GBaseSR 10GBaseSW	10GBaseT	10GBaseLR 10GbaseLW	10GBaseKX4 10GBaseKR	10GBaseER 10GbaseEW	10GBasePR	10GBaseLX4
Topologija	zvijezda	zvijezda	zvijezda	backplane	zvijezda	PON	zvijezda
Maksimalna veličina segmenta [m]	Do 300m	Do 300m	Do 10km	Do 1m	Do 40km	Do 40km	Do 10km
Medijum za prenos	850 nm, multimodno vlakno i dark fiber (WIS)	Upređena parica 6a (100m)	1310 nm, monomodno vlakno i dark fiber (WIS)	Backplane kabal	1550 nm, monomodno vlakno i dark fiber (WIS)	1577 nm downstream 1270nm upstream, monomodno vlakno	CWDM Talasni multipleks (4) i 8B/10B kodiranje

- Full duplex prenos bez repeatera i hubova. MAN. WAN, data centri, okosnice, farme servera, PON...
- WAN interface sublayer (WIS) na fizičkom nivou koristi četiri SDH STM64
- Na dark fiberu se koristi 64B/66B kodiranje

Poslovne računarske mreže 8

2. Osnove projektovanja kompanijske LAN mreže

2.1. Ethernet

40GEthernet i 100GEthernet

- ❑ IEEE 802.3ba 40Gb/s i 100Gb/s Ethernet Task Force
- ❑ Počela ratifikacija u junu 2010. traje do danas
- ❑ Identičan format Ethernet frame kao kod prethodnih verzija
- ❑ Identična minimalna i maksimalna veličina Ethernet frejma
- ❑ BER na MAC podnivou manji od 10^{-12}
- ❑ Podrška za OTN (optičke transportne mreže)
- ❑ Brzine prenosa na MAC podnivou od 40 i 100 Gb/s
- ❑ Monomodno vlakno, multimodno vlakno, backplane, twinax...

2. Osnove projektovanja kompanijske LAN mreže

2.1. Ethernet

Specifikacija 40GEthernet je počela 2010. i još uvijek traje

Osobina	40GBaseCR4	40GBaseKR4	40GBaseT	40GBaseSR4	40GBaseFR	40GBaseLR4	40GBaseER4
Topologija	zvezda	zvezda	zvezda	zvezda	zvezda	zvezda	zvezda
Maksimalna veličina segmenta [m]	7m	1m	30m	125m	2km	10km	40km
Medijum za prenos	Bakarni Twinax	backplane	Upredena parica Cat 8	multimomodno vlakno	monomodno vlakno 1310nm/1550nm	monomodno vlakno 1310nm	monomodno vlakno 1310nm

2. Osnove projektovanja kompanijske LAN mreže

2.1. Ethernet

Specifikacija 100GEthernet je počela 2010. i još uvijek traje

Osobina	100GBaseCR4 100GBaseCR10	100GBaseKR4 100GBaseKP4	100GBaseSR10	100GBaseLR4	100GBaseER4
Topologija	zvijezda	zvijezda	zvijezda	zvijezda	zvijezda
Maksimalna veličina segmenta [m]	7m	1m	125m	10km	40km
Medijum za prenos	Bakarni Twinax	backplane	multimonomodno vlakno	monomodno vlakno 1310nm	monomodno vlakno 1310nm

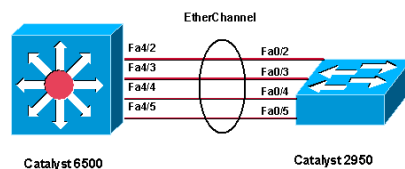
Poslovne računarske mreže 11

2. Osnove projektovanja kompanijske LAN mreže

2.1. Ethernet

EtherChannel

- Grupiše više fizičkih FastEthernet, Gigabit Ethernet ili 10Gigabit Ethernet UTP ili optičkih linkova između switcheva, rutera, servera i klijenata u jedan logički link.
- Pored povećanja kapaciteta, obezbeđuje balansiranje opterećenja i redundansu jer prilikom otkaza jednog fizičkog linka njegov saobraćaj preuzimaju drugi fizički linkovi.
- Moguće je spregnuti do 8 portova koji moraju imati istu brzinu prenosa, funkcionišu u duplex modu i pripadaju istom VLAN-u.



<http://www.cisco.com/c/en/us/tech/lan-switching/etherchannel/index.html>

Poslovne računarske mreže 12

2. Osnove projektovanja kompanijske LAN mreže

2.2. LAN hardware

Uređaji koji se koriste u LAN mrežama su:

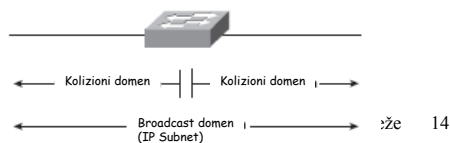
- L2 Switch
- Router
- L3 switch

2. Osnove projektovanja kompanijske LAN mreže

2.2. LAN hardware

Switch

- Uređaj implementiran u integrisanoj tehnologiji koji prosleđuje frejmove na bazi MAC adrese
- Uči MAC adrese čvorišta vezanih na segmente koje povezuje (self-learning)
- Store and forward (CRC provjera) ili Cut-through (poslije čitanja MAC adrese)
- Kontrolirše kolizione domene (svaki port je odvojeni kolizioni domen).
- Ne kontrolirše Ethernet broadcast (po default-u su svi portovi u jednom broadcast domenu), izuzev kada su portovi grupisani u VLAN-ove.
- Ne vodi računa o protokolima nivoa mreže.
- STP protokol
- Univerzalan izbor u LAN mrežama!

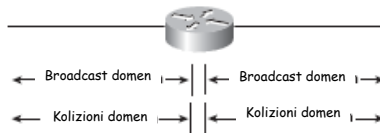


2. Osnove projektovanja kompanijske LAN mreže

2.2. LAN hardware

Router

- Uređaj koji prosleđuje pakete na bazi adrese mrežnog nivoa.
- Kontroliše kolizione i broadcast domene (svaki port je kolizioni i broadcast domen za sebe).
- Ne prosleđuju broadcast saobraćaj.
- Broadcast domeni su definisani mrežnim adresama i subnet maskama.
- Lista destinacionih mreža se kreira pomoću protokola rutiranja (RIP, OSPF, BGP,...)



2. Osnove projektovanja kompanijske LAN mreže

2.2. LAN hardware

L3 komutatori

- LAN komutatori koji izvršavaju protokole rutiranja i mogu da komuniciraju sa okolnim ruterima.
- Imaju LAN interfejse, a obavljaju poput rutera prosleđivanje paketa nivoa mreže.
- Brže prosleđivanje paketa između LAN mreža, uključujući VLAN-ove, tako da se resursi rutera mogu iskoristiti za druge namjene, kao što je zaštita.
- Svaki port je poseban kolizioni domen.
- Portovi se mogu grupisati u broadcast domene nivoa mreže (jedna podmreža)
- Kao i kod rutera protokoli rutiranja pružaju potrebne informacije o rutama

Postoje i Multilayer switch L3 i/ili L4 (DiffServ i IntServ) i Content switch L4-7 (load balance).

2. Osnove projektovanja kompanijske LAN mreže

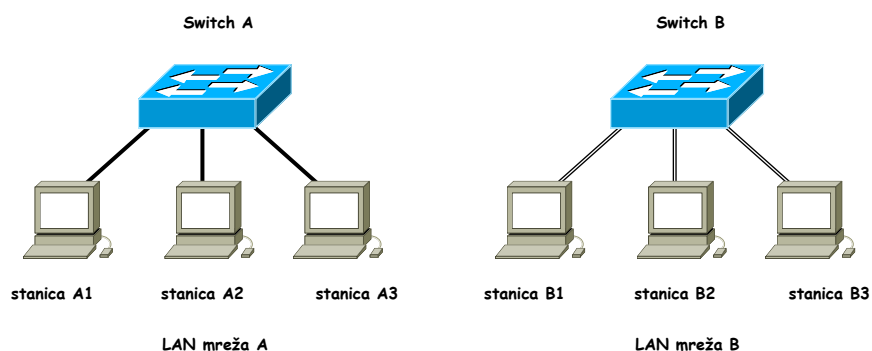
2.3. Virtuelni LAN (VLAN)

- Emulacija standardne LAN mreže koja omogućava prenos podataka bez tradicionalnih fizičkih ograničenja na mreži
- Skup uređaja koji pripada određenoj administrativnoj grupi čiji je saobraćaj, uključujući broadcast, izolovan od uređaja drugih administrativnih grupa.
- Projektanti koriste VLAN da ograniče broadcast saobraćaj

2. Osnove projektovanja kompanijske LAN mreže

2.3. Virtuelni LAN (VLAN)

2.3.1. Upoređenje VLAN i LAN mreže



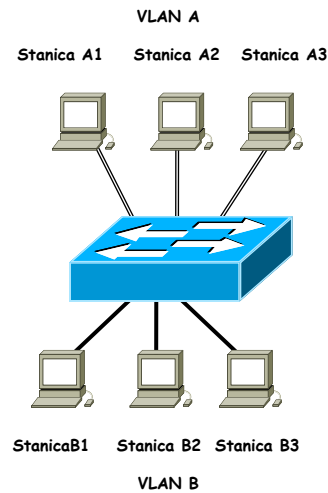
2. Osnove projektovanja kompanijske LAN mreže

2.3. Virtuelni LAN (VLAN)

2.3.2. Switch sa VLAN-ovima

VLAN-ovi se prave

1. dodjeljivanjem portova
2. dodjeljivanjem MAC adresa
3. upisivanjem odgovarajućeg VLAN taga u frejm koji se prenosi sa switch-a na switch.

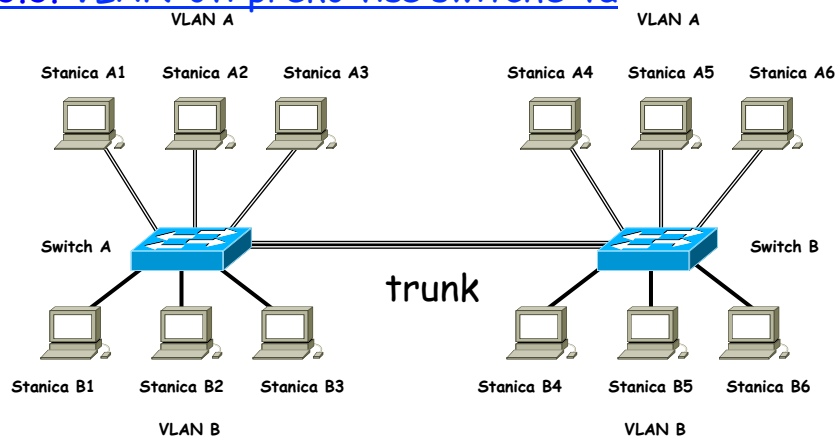


Poslovne računarske mreže 19

2. Osnove projektovanja kompanijske LAN mreže

2.3. Virtuelni LAN (VLAN)

2.3.3. VLAN-ovi preko više switche-va



IEEE 802.1Q standard ili Cisco-ov Inter-Switch Link (ISL) protokol!!!

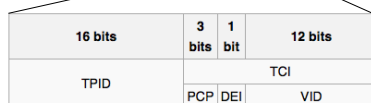
Poslovne računarske mreže 20

2. Osnove projektovanja kompanijske LAN mreže

2.3. Virtuelni LAN (VLAN)

2.3.4. Ethernet frejm sa IEEE 802.1q (tag protocol) poljem

Preamble	Start delimiter	MAC destinacija	MAC izvoriste	802.1Q tag (opcija)	Ethertype ili veličina	Payload	CRC	Interframe gap
7B 10101010	10101011	6B	6B	(4 B)	2B	46-1500B	4B	12B



- TPID (The Tag Protocol Identifier) je šesnaestobitno polje čija je vrijednost 0x8100 kako bi se identifikovalo prisustvo IEEE 802.1Q-tagged frejm.
- PCP (Priority code point) je trobitno polje nivoa prioriteta saglasno IEEE 802.1p standardu
- DEI (Drop eligible indicator) je jednobitno polje koje se u kombinaciji sa PCP koristi radi identifikovanje frejmova koji se mogu odbaciti prilikom pojave zagušenja.
- VID (VLAN identifier) je dvanaestobitno polje koje specificira VLAN kojem frejm pripada.

Poslovne računarske mreže 21

2. Osnove projektovanja kompanijske LAN mreže

2.4. Tipovi i modeli LAN mreža

Klasifikacija LAN mreža:

- LAN mreže velikih zgrada
- LAN mreže kampusa
- Male ili udaljene LAN mreže

Analiziraćemo hijerarhijsku strukturu LAN mreža!!!!

Poslovne računarske mreže 22

2. Osnove projektovanja kompanijske LAN mreže

2.4. Tipovi i modeli LAN mreža

2.4.1. Preporuke za realizaciju hijerarhijskih LAN mreža:

□ Nivo pristupa

- Utvrditi broj korisnika i potreban broj portova da bi se mogao dimenzionisati LAN switch
- Procijeniti kapacitet do svakog hosta ili switcha (Fast Ethernet, Gigabit Ethernet...)
- Isplanirati VLAN-ove tako da su oni ograničeni na samo jedan rack orman!
- Koristiti brži Rapid Per-VLAN Spanning Tree Plus (RPVST+) ako je STP potreban.
- Razmotriti uvođenje redundanse i QoS
- Razmotriti rutiranje (L3) radi brže konvergencije u slučaju otkaza i radi balansiranja opterećenja
- Cisco STP Toolkit

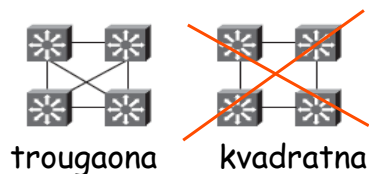
2. Osnove projektovanja kompanijske LAN mreže

2.4. Tipovi i modeli LAN mreža

2.4.1. Preporuke za realizaciju hijerarhijskih LAN mreža:

□ Nivo distribucije

- Ne smije ograničavati performanse, tako da okosnica može podržati saobraćaj generisan na nivou pristupa
- Redundansa mora biti implementirana i prema pristupu i prema jezgru kako bi se smanjio neželjeni uticaj otkaza
- Prilikom konfigurisanja opreme treba voditi računa o QoS, zaštiti i mrežnoj politici.
- Treba razmotriti rutiranje (L3) prema jezgru radi brže konvergencije u slučaju otkaza i balansiranja opterećenja
- Koristiti L3 trougaone, a ne kvadratne topologije
- Povezivanje VLAN-ova sa pristupa koji su realizovani na više komutatora
- Virtual Switching System radi eliminacije STP

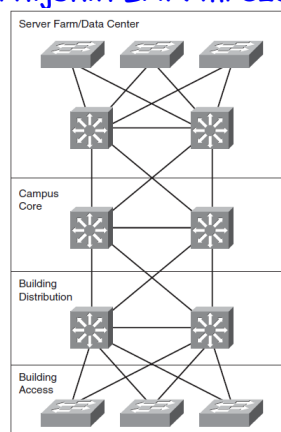


2. Osnove projektovanja kompanijske LAN mreže

2.4. Tipovi i modeli LAN mreža

2.4.1. Preporuke za realizaciju hijerarhijskih LAN mreža:

- **Nivo jezgra**
 - U malim mrežama uključuje nivo distribucije (collapsed core)
 - Veoma velike brzine prenosa prema farmama servera/data centrima i Enterprise Edge (WAN i Internet)
 - Vrlo brza komutacija sa redundantnim linkovima između komutatora.
 - Gigabitne i 10Gigabitne brzine
 - Integracije govora, podataka i videa
 - Korišćenje rutiranja za sprečavanje L2 petlji (umjesto STP)
 - Koristiti L3 trougaone, a ne kvadratne topologije
 - Koristiti inteligentnije L3 komutatore



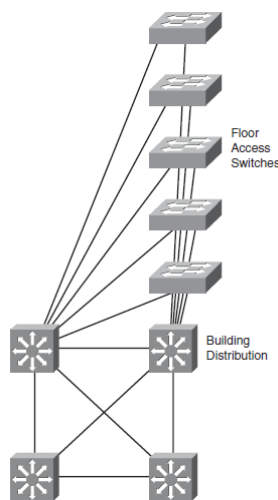
Poslovne računarske mreže 25

2. Osnove projektovanja kompanijske LAN mreže

2.4. Tipovi i modeli LAN mreža

2.4.2. LAN mreže velikih zgrada

- Podijeljena po spratovima ili organizacionim jedinicama
- Na svakom spratu ili jedinici ima više stotina korisnika
- Pristupna mreža (Layer 2 komutator) se projektuje za jedan ili više spratova ili organizacionih jedinica
- Uređaj na nivou distribucije (Layer 3 komutator) povezuje više pristupnih mreža
- Uređaji na okosnici (Layer 3 komutator) povezuju farme servera, nivo distribucije i Enterprise Edge.
- Minimum Fast Ethernet za povezivanje hostova na Layer 2 komutatore.
- Minimum Gigabit Ethernet za povezivanje switcheva
- Farme servera (DHCP, DNS, biznis,...) se mogu vezati i na nivo distribucije



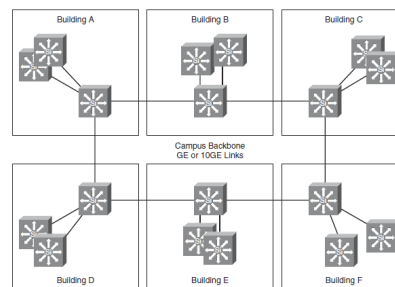
Poslovne računarske mreže 26

2. Osnove projektovanja kompanijske LAN mreže

2.4. Tipovi i modeli LAN mreža

2.4.3. LAN mreža kampusa

- Povezuje dva ili više objekata na umjerenom geografskom području pomoću brze LAN okosnice.
- Upređena parica ili vlakno
- Okosnica ima topologiju prstena sa Layer3 komutatorima i najmanje GEthernet linkovima.
- Hijerarhijski model koji ograničava broadcast.
- Adresni plan koji obezbeđuje da se granice mreže poklapaju sa granicama objekata radi efikasne agregacije ruta.
- U slučaju manjih kampusa treba integrisati okosnicu i nivo distribucije u zgradama pomoću manjih L3 komutatora.
- Kod velikih kampusa Edge Distribution modul treba da obezbijedi dodatnu sigurnost.



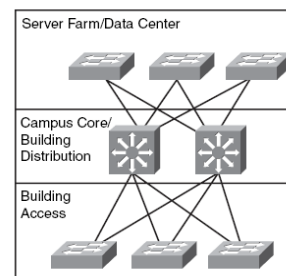
Poslovne računarske mreže 27

2. Osnove projektovanja kompanijske LAN mreže

2.4. Tipovi i modeli LAN mreža

2.4.4. LAN mreža srednje veličine

- 200 do 1000 hostova
- Združeni nivoi distribucije i jezgra
- Redundansa u povezivanju switcheva na nivou pristupa



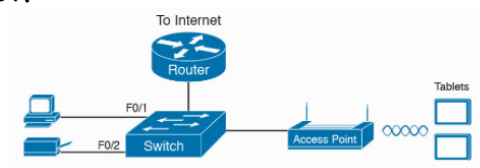
Poslovne računarske mreže 28

2. Osnove projektovanja kompanijske LAN mreže

2.4. Tipovi i modeli LAN mreža

2.4.5. Male ili udaljene mreže

- Povezivanje udaljenih lokacija na korporativnu mrežu pomoću rutera koji filtrira broadcast.
- Mali LAN komutator
- DHCP
- Domen kontroler
- DNS
- Ruter se može konfigurisati da se DNS i DHCP servis ostvaruju sa korporativne mreže

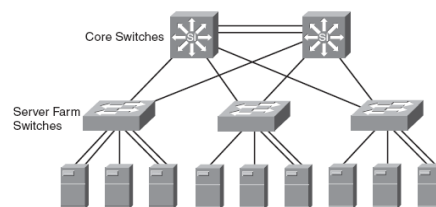


2. Osnove projektovanja kompanijske LAN mreže

2.4. Tipovi i modeli LAN mreža

2.4.6. Farma servera

- Veoma brzi linkovi prema serverima (GEthernet, 10GEthernet ili EtherChannel)
- Redundantni linkovi za servere
- Moguće i uvođenje nivoa distribucije za potrebe mrežne politike i pružanja QoS, pogotovo u slučaju velikih mreža
- Povezivanje servera
 - Preko jedne mrežne kartice
 - Preko dvije mrežne kartice uz korišćenje EtherChannela
 - Content switching (komutacija do 7. nivoa)

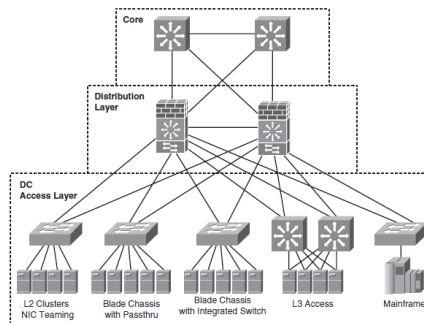


2. Osnove projektovanja kompanijske LAN mreže

2.4. Tipovi i modeli LAN mreža

2.4.7. Data centar

- ❑ Uključuje samostalne servere, blade servere, mainframeove, serverske klastere i virtuelne servere
- ❑ Pristupni nivo mora da ponudi dovoljan broj portova, visokoperformantnu L2 komutaciju, višestruko povezivanje servera
- ❑ Nivo distribucije agregira saobraćaj, obavlja L3 komutaciju, balansiranje saobraćaja, sadrži firewall-e i IDS sisteme.



2. Osnove projektovanja kompanijske LAN mreže

2.5. QoS u LAN mrežama

- ❑ Razlikovanje različitih tokova saobraćaja koji od nivoa pristupa idu prema nivou distribucije ili Enterprise Edge
- ❑ Moguće je klasifikovati HTTP, FTP, VoIP, ... saobraćaj i tretirati na željeni način
- ❑ Dodavanje tag-a na nivou linka
 - Inter-Switch Link (ISL) - Cisco
 - IEEE 802.1p/802.1q

2. Osnove projektovanja kompanijske LAN mreže

2.5. QoS u LAN mrežama

IEEE 802.1p/802.1q

- IEEE 802.1q je standard za prenos VLAN saobraćaja preko Ethernet interfejsa
- Za razliku od ISL-a koristi interni tag
- IEEE 802.1p definiše 3 bita za klase servisa
- Komutatori moraju biti konfigurisani tako da mogu da markiraju saobraćaj, primaju i prosleđuju markirani saobraćaj.
- Markiranje saobraćaja se vrši što je moguće bliže izvoru.

Preamble	Start delimiter	MAC destinacija	MAC izvoriste	802.1Q tag (opcija)	Ethertype ili veličina	Payload	CRC	Interframe gap
7B 10101010	10101011	6B	6B	(4 B)	2B	46-1500B	4B	12B

16 bits	3 bits	1 bit	12 bits
TPID	TCI		
	PCP	DEI	VID

Poslovne računarske mreže 33

2. Osnove projektovanja kompanijske LAN mreže

2.5. QoS u LAN mrežama

IEEE 802.1p klase saobraćaja (jedan pristup)

- 0 (default) Best effort
- 1 Background (back up saobraćaj koji je najmanje osjetljiv na kašnjenje, ali može generisati veliku količinu podataka)
- 2 Excellent Effort (best effort za VIP korisnike)
- 3 Kritične aplikacije
- 4 Video kašnjenje < 100ms
- 5 Voice kašnjenje < 10ms
- 6 Internetwork control
- 7 Network Control