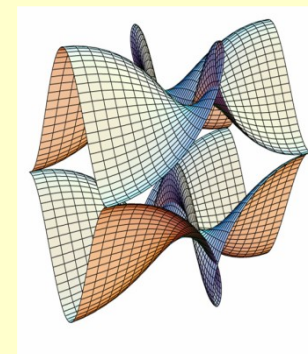




Sveučilište u Zagrebu
PMF – Matematički odsjek

MREŽE RAČUNALA
Predavanja 2022/2023



Poglavlje 9: WAN tehnologije i usmjeravanje

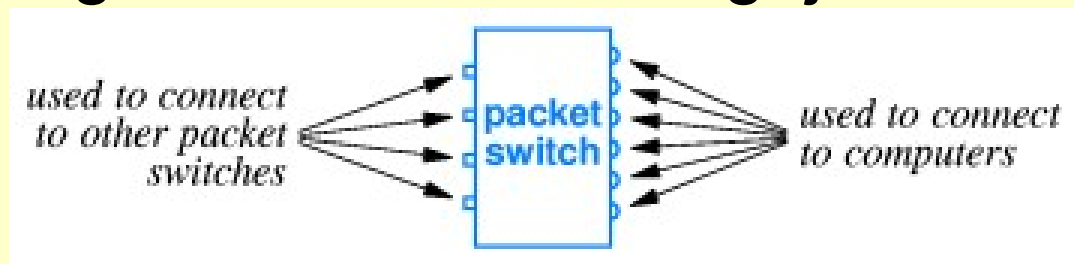
Sastavio: Robert Manger; Prilagodio: Zvonimir Bujanović
20.10.2014, Matej Mihelčić 31.10.2022.

Potreba za WAN tehnologijama

- Ako velik broj međusobno udaljenih računala želimo povezati u WAN, potrebne su nam drukčije tehnologije od onih koje smo koristili za LAN.
- Očekujemo da će brzina međusobnog komuniciranja računala spojenih u WAN biti manja od one u LAN-u.
- Ipak, od WAN tehnologije tražimo da osigura *skalabilnost*, dakle mogućnost dodavanja novih računala i novih udaljenih lokacija.
- Sve WAN tehnologije zasnivaju se na:
 - *Vezama* koje omogućuju digitalnu komunikaciju na veliku udaljenost (optička vlakna, sateliti).
 - *Paketnim sklopkama* koje omogućuju usmjeravanje paketa od jedne do druge lokacije.

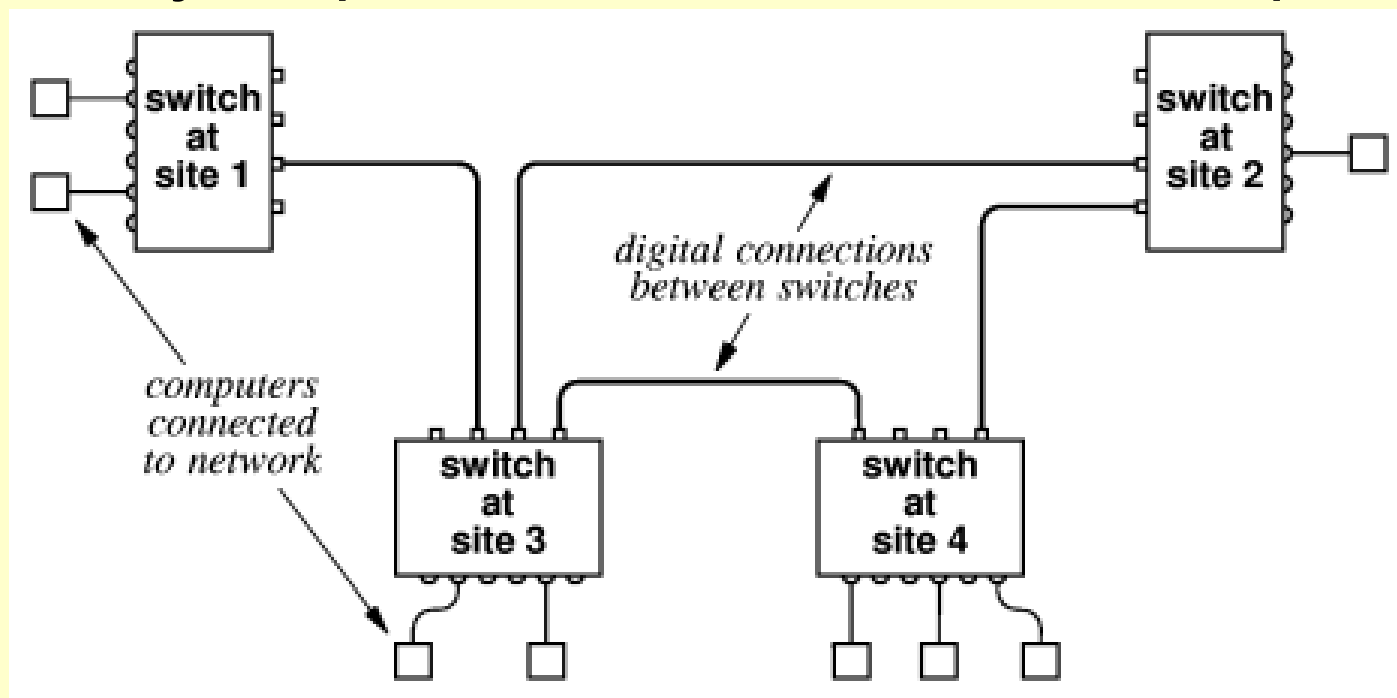
Svojstva paketne sklopke

- *Paketna sklopka (packet switch)* je uređaj koji ima dvije vrste ulazno/izlaznih priključaka (port-ova).
- Prva vrsta priključaka radi na velikoj brzini i služi za priključivanje veza prema drugim sklopkama.
- Druga vrsta priključaka radi na manjoj brzini i služi za priključivanje računala.
- Osnovna zadaća sklopke je prebacivanje cijelih paketa s jednog priključka na drugi.
- Dakle paket koji je stigao s jednog računala ili jedne telekomunikacijske veze može se usmjeriti prema drugom računalu ili drugoj vezi.



Oblikovanje WAN-a (1)

- Da bi oblikovali WAN, najprije na svaku fizičku lokaciju postavimo bar jednu paketnu sklopku.
- Zatim svako od računala priključimo na najbližu sklopku.
- Na kraju uspostavimo veze između sklopki.



Oblikovanje WAN-a (2)

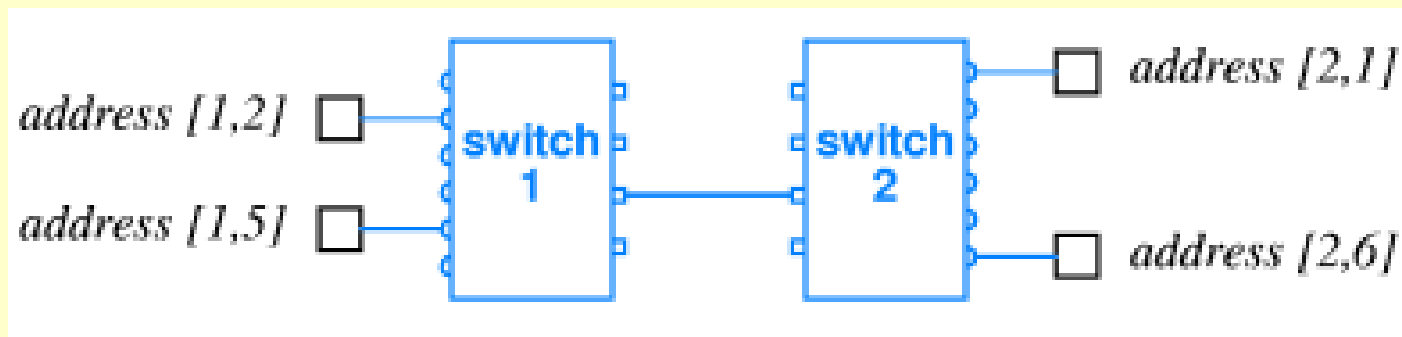
- WAN ne mora biti simetričan. Veze između pojedinih sklopki te kapaciteti veza biraju se prema očekivanom prometu.
- Veze moraju osigurati povezanost mreže, dakle mora postojati put između svakog para računala.
- Dobro je da veze osiguraju određenu redundanciju, dakle više različitih putova između istih računala. To je korisno u slučaju kvara pojedinih veza ili sklopki.
- Moguće je dodavati i “unutrašnje” sklopke, koje nemaju priključenih računala i služe samo za prijenos i usmjeravanje podataka.

Spremanje i prosljeđivanje

- Paketna sklopka zapravo je jedna vrsta specijaliziranog računala. Osim ulazno/izlaznih jedinica, ona ima memoriju i procesor.
- Svoju zadaću sklopka obavlja tako da pristigle pakete privremeno pohranjuje u memoriju i obrađuje pomoću procesora.
- Pohranjeni paketi organiziraju se u red (queue). Novopristigli paket stavlja se na začelje reda. Procesor skida paket sa čela reda, gleda njegov sadržaj, te odlučuje kamo će ga dalje proslijediti.
- Korištenje memorije omogućuje sklopki da izađe na kraj s iznenadnim velikim prometom paketa. Ipak, memorija je ograničena, tako da može doći do *zagušenja (congestion)* i gubitka podataka.

Fizičko adresiranje u WAN-u

- Svaka WAN tehnologija definira format okvira za slanje ili primanje podataka.
- Svakom računalu spojem u WAN pridružena je fizička adresa.
- Prilikom slanja okvira, pošiljalatelj mora u okvir uključiti adresu primatelja.
- Većina WAN-ova koristi dvoslojnu hijerarhijsku shemu adresiranja. Adresa se dijeli na dva dijela: prvi dio identificira paketnu sklopku, a drugi dio određuje računalo spojeno na tu sklopku.

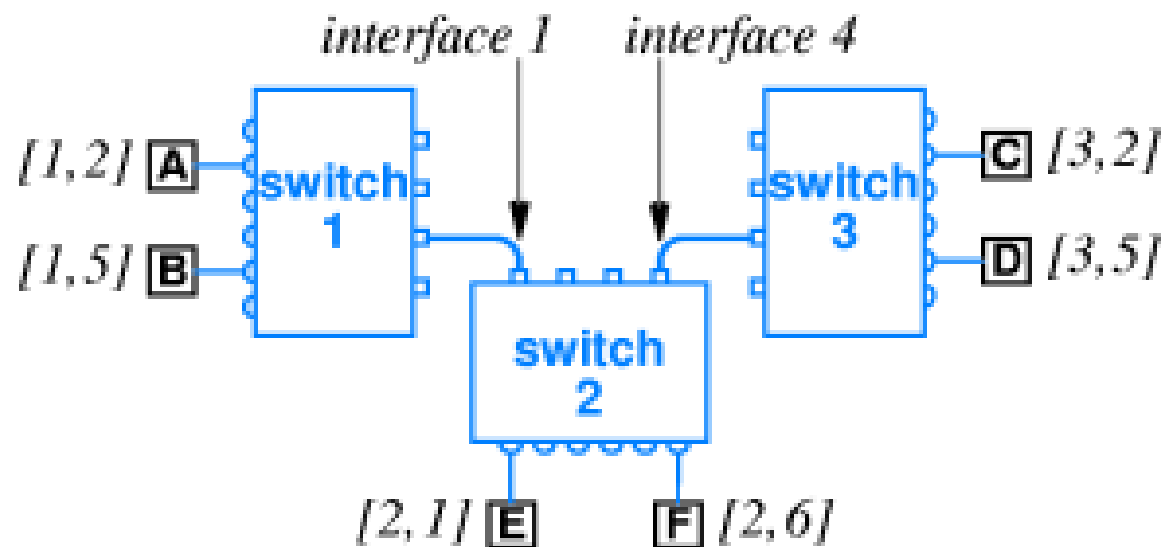


Izbor sljedećeg skoka (1)

- Za svaki pristigli paket, sklopka mora odlučiti kojim putem će ga dalje proslijediti. Da bi donijela odluku, sklopka gleda adresu primatelja u paketu.
- Ako je paket namijenjen računalu koje je izravno spojeno na sklopku, tada sklopka prosljeđuje paket tom računalu.
- Ako je paket namijenjen računalu koje je spojeno na drugu sklopku, tada se paket mora proslijediti po telekomunikacijskoj vezi koje vodi prema toj drugoj sklopki.
- Sklopke ne pohranjuju cjelovitu informaciju o tome kako doseći svako moguće odredište. Umjesto toga, postoji samo informacija o *sljedećem skoku* (next hop) kojeg paket mora napraviti da bi se približio odredištu.

Izbor sljedećeg skoka (2)

- Informacije potrebne za izbor sljedećeg skoka mogu se organizirati kao tablica. Na slici se vidi tablica unutar sklopke 2.



<u>destination</u>	<u>next hop</u>
[1,2]	interface 1
[1,5]	interface 1
[3,2]	interface 4
[3,5]	interface 4
[2,1]	computer E
[2,6]	computer F

(b)

Hijerarhijske adrese i usmjeravanje

- Opisana tablica s informacijama o sljedećem skoku obično se zove *tablica usmjeravanja* (*routing table*). Prosljeđivanje paketa izborom sljedećeg skoka zove se *usmjeravanje* (*routing*).
- Tablica usmjeravanja može se znatno pojednostaviti ukoliko se koriste dvodjelne hijerarhijske adrese. Naime, sljedeći skok uglavnom je određen prvim dijelom adrese. Pojednostavnjena verzija tablice s prethodne slike izgleda ovako.

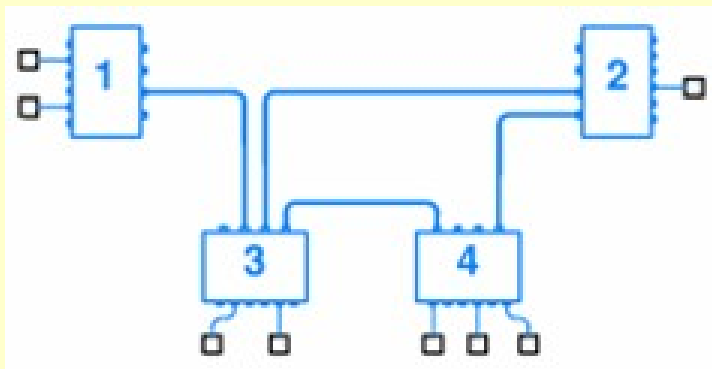
Destination	Next Hop
(1, anything)	Interface 1
(3, anything)	Interface 4
(2, anything)	local computer

Usmjeravanje u WAN-u (1)

- Da bi WAN ispravno radio, sve paketne sklopke moraju u sebi imati pohranjene tablice usmjeravanja, te se moraju baviti prosljeđivanjem paketa. Štoviše, mora se garantirati sljedeće.
 - *Univerzalno usmjeravanje*. Svaka tablica određuje sljedeći skok za svako moguće odredište.
 - *Optimalni putovi*. U svakoj tablici vrijednost sljedećeg skoka za zadano odredište odgovara početku optimalnog puta prema tom odredištu.

Usmjeravanje u WAN-u (2)

- Slika prikazuje WAN sa 4 paketne sklopke i ispravne tablice usmjeravanja za svaku sklopku.



- Brojevi u recima tablice odnose se na sklopke. Uređeni parovi brojeva su veze između sklopki koje se koriste za sljedeći skok.

<u>destin- ation</u>	<u>next hop</u>	<u>destin- ation</u>	<u>next hop</u>	<u>destin- ation</u>	<u>next hop</u>	<u>destin- ation</u>	<u>next hop</u>
1	-	1	(2,3)	1	(3,1)	1	(4,3)
2	(1,3)	2	-	2	(3,2)	2	(4,2)
3	(1,3)	3	(2,3)	3	-	3	(4,3)
4	(1,3)	4	(2,4)	4	(3,4)	4	-
<i>node 1</i>		<i>node 2</i>		<i>node 3</i>		<i>node 4</i>	

- Tablice zaista osiguravaju univerzalno usmjeravanje. Putovi su optimalni jer koriste najmanji broj skokova.

Korištenje default putova

- Unatoč hijerarhijskom adresiranju, tablica usmjeravanja može i dalje sadržavati mnogo redaka s istim sljedećim skokom.
- Da bi se tablica usmjeravanja još više smanjila, uvodi se *default put*. Kod pretraživanja tablice, najprije se traži redak koji se eksplicitno odnosi na traženo odredište. Ako se takav redak ne nađe, koristi se default.
- Nakon uvođenja default puta, tablice iz prethodnog primjera izgledaju ovako.

destin- ation	next hop	destin- ation	next hop	destin- ation	next hop	destin- ation	next hop
1	-	2	-	1	(3,1)	2	(4,2)
*	(1,3)	4	(2,4)	2	(3,2)	4	-
		*	(2,3)	3	-	*	(4,3)
				4	(3,4)		
<i>node 1</i>		<i>node 2</i>		<i>node 3</i>		<i>node 4</i>	

Primjeri WAN tehnologija (1)

- Većinu WAN tehnologija razvile su telefonske (telekom) kompanije ili organizacije koje se bave standardizacijom telefonskog prometa.
- Veze između udaljenih paketnih sklopki zapravo su iznajmljene digitalne telefonske linije. Korisnik WAN-a plaća telefonskoj kompaniji najam tih linija.
- Svaka WAN tehnologija zahtijeva posebnu vrstu paketnih sklopki koje međusobno komuniciraju svojim protokolom i razmjenjuju svoje okvire.
- **X.25**. Standard kojeg je razvila organizacija ITU. U ranim 80-tim godinama često se koristio za povezivanje ASCII terminala s udaljenim višekorisničkim računalom.

Primjeri WAN tehnologija (2)

- **X.25.** Sastoji se od čvorova za razmjenu paketa. Koristio je unajmljene linije i stare telefonske linije, a u današnje vrijeme se koristi Internet Protocol (IP).
- **Frame Relay.** Prvenstveno namijenjen za povezivanje udaljenih segmenata LAN-a. Radi na brzinama do 100 Mbit/s. Koristi “connection oriented” paradigmu za komuniciranje. Jedna grupa računala spojena točno jednom iznajmljenom linijom.
- **Switched Multi-megabit Data Service (SMDS).** Radi na većim brzinama od frame relay-a i zasnovan je na “connectionless” paradigmi komuniciranja. Omogućuje ekonomičnije povezivanje od Frame Relay-a.

Primjeri WAN tehnologija (3)

- *Asynchronous Transfer Mode (ATM).*
Tehnologija koja osim za LAN-ove može služiti i za WAN-ove, te osim za prijenos podataka također i za digitalizirani telefonski promet. WAN zasnovan na ATM-u sastoji se od više udaljenih i povezanih ATM sklopki. Koristi statističko multipleksiranje stoga je jako fleksibilan.
- *Multi-Protocol Label Switching (MPLS).*
Suvremena tehnologija donekle u srodstvu s ATM, no čvrsto integrirana s internetom. Protokol koji omogućava suvremenim internetskim usmjernicima (routers) da izravno razmjenjuju internetske pakete preko zasebnih telekomunikacijskih veza.

Primjeri WAN tehnologija (4)

- Usmjernici osim svoje osnovne uloge preuzimaju i ulogu paketnih sklopki.

Izravne veze između usmjernika služe kao zamjena za klasični WAN.

Implementirano je u današnjim Cisco usmjernicima.