

Predavanje 9_10.

Komutacijsko polje

- Komutacijsko polje prospaja krajnje uređaje za vrijeme trajanja poziva
- Upravlja se i nadgleda od strane vanjskog procesora
- Termin komutacijsko polje podrazumijeva komutacijske elemente u čvoru koji sadrže identične elektroničke sklopove (mikroelektroničke elemente), a programski dio omogućuje upravljanje komutiranjem (komutacijskim putevima kroz komutacijsko polje).
- Komutacijsko polje je nezavisno o tehnici prijenosa podataka i infrastrukturi između mrežnih čvorova.

Komutiranje i mod prijenosa

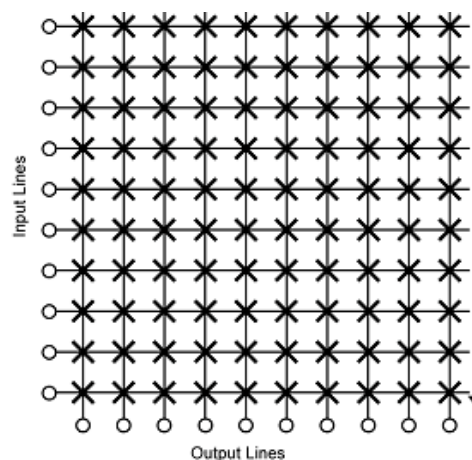
- Komutiranje je postupak povezivanja bilo kojih krajnjih točaka u mreži bez potrebe za izravnom posebnom vezom između ako je moguće svih krajnjih točaka mreže.
- Mod prijenosa (Transfer mode) je vezan za vrstu podmreže, odnosno za način ostvarivanja veze koji može biti konekcijski i nekonekcijski orijentiran. Mod prijenosa je način multipleksiranja i komutiranja informacija duž prijenosnog puta.
- Vrste modova prijenosa:
 - kanalsko komutiranje i kanalski prijenos informacije - koristi se u telefonskoj mreži i u N-ISDN.
 - asinkroni transfer mode (ATM) - Konekcijski orijentirani pristup; veza se uspostavlja multipleksiranjem i komutiranjem ćelija fiksne duljine.
 - Frame relay - Prethodi ATM-u i sličan mu je, ali odsječci nisu fiksne duljine.
 - Paketsko komutiranje - koristi se za internetske veze; informacija smještena u pakete varijabilne duljine, a svaki paket sadrži zaglavlje u kojem se nalazi upravljačka informacija (za komutiranje, korekciju pogrešaka, itd.).
- Svrha komutiranja je uspostaviti vezu između svih čvorova u mreži bez potrebe za pojedinačnim vezama između svakog para čvorova.
- Potreban je mehanizam za uspostavu veze između krajnjih točaka samo kada i samo gdje je to zatraženo.
- Komutiranje ovisi o načinu prijenosa informacije
- Termini:
 - Komutacijski element - osnovni element komutatora; sastoji se od ulaza i izlaza; provodi jednostavnu operaciju prebacivanja ulazne informacije prema jednom od izlaza.
 - Komutacijsko polje - sklop međusobno povezanih komutacijskih elemenata odabran tako da može izvesti zadani komutacijski mehanizam; komutacijsko polje karakterizira vrsta i način povezivanja komutacijskih elemenata.
- Osnovni problemi komutiranja informacije:
 - Kolizije - zbiva se kada više od jednog ulaza zahtjeva isti izlaz
 - Blokiranja - zbiva se kada transport jedne poruke kroz komutacijsko polje biva zaustavljen porukom koja nije usmjerena na isti izlaz.

- Blokirajuće arhitekture (engl. Blocking)
 - Komutacijsko polje ne može prospojiti krajnje uređaje zato jer su svi spojni putevi zauzeti.
 - Blokirajuća arhitektura dozvoljava ovakvu mogućnost.
 - Pojava kod koje se događa sudar informacijskih elemenata unutar komutacijskog polja.
 - U slučaju sudara dolazi do gubitka informacije (paketa, ćelije).
- Ne-blokirajuće arhitekture (engl. Non-Blocking)
 - Dozvoljava svim stanicama vezu u istom trenutku (u parovima).
 - Blokiranje se ne može dogoditi, a to je riješeno strukturom komutacijskog polja.

Osnovne vrste komutacijskih polja

- Prostorno komutacijsko polje
 - Komutiranje na temelju prostorne raspodjele.
 - Uspostavljaju se fizičke veze između ulaza i izlaza.
 - Primjeri: Krosbar, višekaskadni komutatori.
- Vremensko komutacijsko polje
 - Komutiranje na temelju vremenske raspodjele.
 - Prosljeđuju se vremenski kanali iz multipleksa na ulazu u odgovarajući multipleks na izlazu iz komutatora.
- Komutacijska polja sa frekvencijskom podjelom
 - Komutiraju se frekvencijski kanali.
 - Nije ekonomično, slaba primjena.
- Hibridna komutacijska polja
 - Kombinacija vremensko prostornih komutacijskih polja.
- Osnovna karakteristika je potreba za vanjskim upravljanjem. Upravljačka logika je smještena izvan komutatora, čak i kada se upravljačka i korisnička informacija zajedno prenose unutar istog odsjeka .

Jednostupanjsko prostorno komutiranje

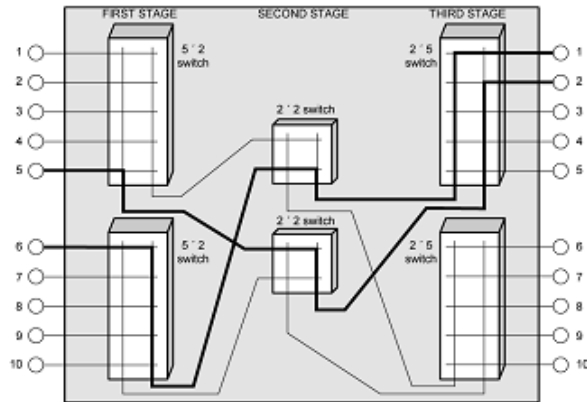


- Razvijeno za analogne mreže
- Odvojeni fizički putevi za svaki par ulaz-izlaz
- Crossbar komutator:
 - Broj spojnih točaka jednak je umnošku broja ulaza i broja izlaza ($N \times M$)
 - Slaba učinkovitost uporabe spojnih točaka (kada su svi ulazi povezani sa svim izlazima mali je broj spojnih točaka aktivan)
- Nema blokiranja
- Jednostavno upravljanje

-
- Zahtjeva veliki prostor u izvedbi
 - Osjetljivo na pojedinačne kvarove

Višestupanjsko prostorno komutiranje

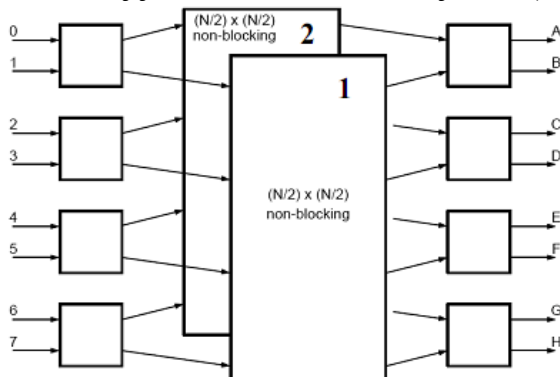
- Svrha uvođenja više stupnjeva je smanjivanje ukupnog broja spojnih točaka.
- Više od jednog spojnog puta kroz takvu mrežu
 - povećana raspoloživost (engl. reliability).
- Složenije upravljanje (kompliciranje).
- Može doći do blokiranja.



- Više stupnjeva realizirano je slojevito
 - Stupnjevi:
 - Ulazni stupanj
 - Izlazni stupanj
 - Međustupnjevi
 - Komutacijsko polje samo za sebe čini mrežu komutacijskih elemenata.
 - Konfiguracija ove mreže može biti slojevita i rekurzivna
- Clos(m, n, k) komutator je simetrične arhitekture:
- jednak broj ulaza i izlaza
 - broj komutatora u unutarnjem stupnju odgovara broju izlaza za svaki komutacijski element u ulaznom stupnju, odnosno broju ulaza za svaki komutacijski element izlaznog stupnja.

Rekurzivno višestupanjsko prostorno komutiranje

- Benes komutator ili tzv. Benes mreža $N \times N$, sastoji se od ulaznih, izlaznih i dva paralelna međusloja. Svaki ulazni sloj može usmjeriti vezu prema jednom sklopu u međusloju.
- Karakteristike: neblokirajući komutator, rekurzivna definicija
- Međusloj je udvostručen dimenzije $N/2$ (za primjer na slici 4×4)



Vremensko komutiranje

- Primjenjuje se za sustave sa vremenski multipleksiranim signalom.
- Osnovne komponente su multipleksor, demultipleksor i vremenski komutator.
- Izmjena pozicija vremenskih odsječaka izvodi se pomoću zajedničkog medija topologije sabirnice (bus), prstena (ring) ili memorije.

Multipleksiranje i demultipleksiranje

- Multipleksor
 - Sakuplja ulazne linije
 - Usmerava primljenu informaciju na izlaz onoliko puta brže koliko ima ulaznih linija.
- Demultiplekser
 - Uzima informacije sa jedne ulazne linije i usmerava ih na izlaze onoliko puta sporije koliko ima izlaznih linija
- Može se napraviti kaskada od više multipleksera
- Osnovna ideja je da kod demultipleksiranja pozicija u odsječku određuje izlaz iz sklopa.
- Vremensko komutiranje mijenja poziciju uzoraka unutar odsječaka, a implementacija se temelji na modelima sa zajedničkim medijem: prsten, sabirnica, memorija.
- Modeli kojima je zajednički medij sabirnica ili prsten koriste adresni filter za usmjeravanje podataka prema izlazima.
- Brzina sabirnice treba biti namanje $n \cdot v$, gdje je n broj ulaznih linija, a v brzina prijenosa po svakoj ulaznoj liniji.
- Smjerovi su odvojeni, pa se za slučaj telefonske veze za koju je potrebno osigurati dvosmjernu komunikaciju komutiranje provodi za oba smjera prema istim krajnjim točkama.
- U svakoj komutaciji provodi se prilagodba pozicije vremenskog odsječaka (komutira se dolazni smjer vremenskog multipleksa)

Vremensko-prostorno komutiranje

- Svakom ulazu u prostorni komutator prethodi izmjena vremenskog odsječaka (vremensko komutiranje).
- Zbog različitosti u kašnjenju odsječci se sinkroniziraju prije ulaska u prostornu komutaciju (uvodi se dodatno kašnjenje).

Komutiranje vrijeme-prostor-vrijeme

- Omogućuje izmjenu odsječaka i na ulazu i na izlazu
- Znatno prilagodljivija arhitektura; omogućuje komutiranja odsječaka iz bilo kojeg ulaznog slijeda u bilo koji izlazni slijed.
- Znatno umanjuje vjerojatnost blokiranja

Komutator može informaciju sa svojeg ulaza usmjeravati na slijedeće načine:

- unicast - informacija se usmjerava od jednog ulaza prema jednom izlazu.
- multicast - informacija se usmjerava od jednog ulaza prema više izlaza.
- broadcast - informacija se usmjerava od jednog ulaza prema svim izlazima.

Krosbar komutator sa memorijom (komutiranje paketa)

- Krosbar je najčešće korištena komutacijska arhitektura, tj. struktura komutacijskih elemenata. Omogućuje jednostavnost izvedbe i neblokirajuće komutiranje.
- Međutim zahtjeva centralizirano upravljanje, a ako nema unutarnjih spremnika treba zadovoljavati za svaku ćeliju/paket stroga ograničenja ulaznih i izlaznih veza. To povećava cijenu centraliziranog upravljanja.
- Bezmemorijski krosbar komutator može efikasno djelovati samo za ćelije i odsječke fiksne duljine, za koje se sinkronizam može napraviti na ulazu u komutator.
- Učinak krosbar komutatora se dramatično povećava ubacivanjem manjih spremnika u svakoj spojnoj točki.
- Upravljanje ovim spremnicima može se kombinirati sa povratnim djelovanjem prema ulaznim spremnicima
- Krosbar komutator sa pridodanim spremnicima (memorijama) pokazuje znatno veći učinak od bezmemorijskog komutatora, uz to zadržava svojstvo potpuno neblokirajućeg komutatora.
- Prednosti:
 - Upravljanje se znatno pojednostavljuje - nema potrebe za kompenzacijom brzine.
 - Može komutirati pakete - odsječke varijabilne duljine, nema potrebe za strogom sinkronizacijom ulaznih linija.
 - Nema potrebe za većom unutarnjom brzinom komutiranja - brzina vanjskih linija može biti jednaka brzini komutiranja.

Samousmjeravajući komutatori

- Samousmjeravanje se provodi na temelju informacije sadržane u adresnom dijelu ćelije/paketa.
- Komutacijski elementi odabiru jedan od dva izlaza na temelju binarne informacije u adresnom dijelu; za svaki stupanj redom jedna binarna znamenka.
- Može doći do sudara jer ćelije/paketi sa različitih ulaza mogu biti usmjerene na isti izlaz bilo kojeg komutatora.
- Komutiranje se izvodi samo na temelju informacije u ćeliji/paketu. Nema vanjske logike za upravljanje komutacijskim poljem.

Banyan komutatori

- Različite izvedbe Banyan komutatora, odnosno Banyan komutatorske mreže.
- Komutator je sastavljen od 2x2 komutacijskih elemenata.
- Mogućnost blokiranja!
- Komutiranje se provodi samousmjeravanjem.
- Usmjeravajuća informacija se očitava iz zaglavlja ćelije/paketa.
- Svaki komutator donosi jednostavnu odluku o usmjeravanju prema jednom od dva raspoloživa izlaza
- Samo jedan put za usmjeravanje prema izlazu - usmjeravanje jednostavan i brz postupak.

- Blokiranje se može spriječiti:
 - Povećavanjem brzine unutarnjih linkova u odnosu na vanjske.
 - Uvođenjem paralelnih mreža, čime se osigurava više puteva između ulaza i izlaza komutatora.
 - Dodavanjem spremnika u komutacijske elemente za privremeno zadržavanje ćelije/paketa dok se ne uspostave uvjeti za usmjeravanje kroz komutacijsko polje.

Shuffle exchange mreža

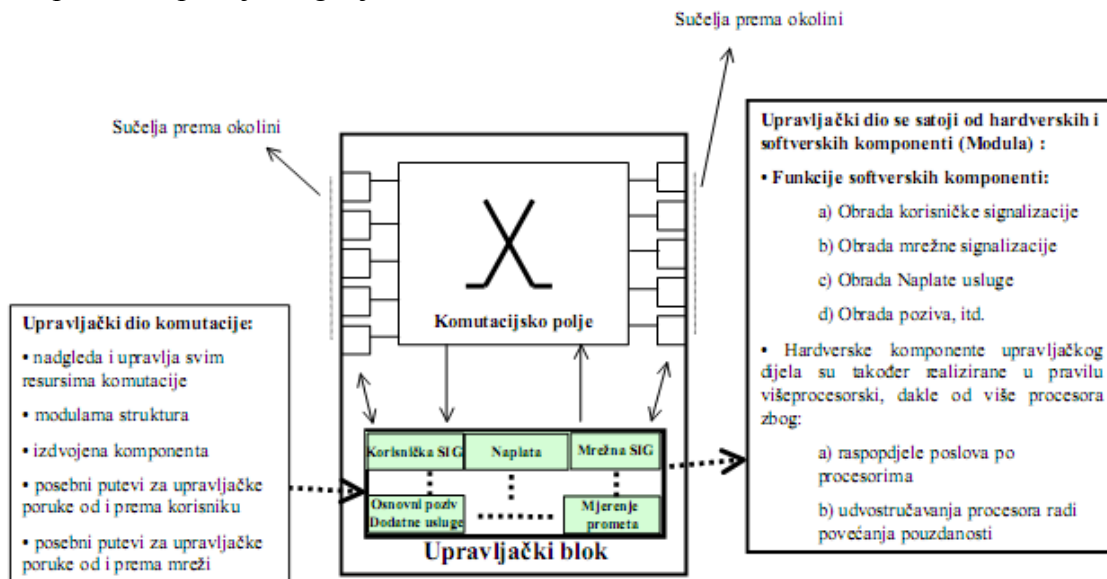
- Jednostupanjska mreža
- Na izlazu komutatora odlučuje se može li ćelija napustiti komutator.
- Prednost: Potreban mali broj komutacijskih elemenata
- Nedostatak: Nejednako kašnjenje; kašnjenje ovisi o broju komutacijskih elemenata koje ćelija treba proći da bi dosegla zadani izlaz.
- Tok ćelija rekurzivan.

Višestupanjske mreže - Usmjeravanje tablicama

- U svakom stupnju provodi se očitavanje zadanog izlaza iz tablice.
- Svakim prolazom kroz komutacijski element mijenja se zaglavlje ćelije
- Tablice usmjeravanja su manje efikasne, zbog potrebe za pretraživanjem što uvodi kašnjenje i promjene zaglavlja u svakom komutacijskom elementu.
- Samo prolazom kroz prvi komutacijski element mijenja se zaglavlje ćelije.
- Konekcijski mod - jednom donesena odluka o usmjeravanju vrijedi čitavo vrijeme trajanja veze.
- Nekonekcijski mod - za svaku ćeliju donosi se nova odluka o usmjeravanju; ćelije ne idu nužno istim putem; može se dogoditi promjena redoslijeda ćelija na odredištu.
- Do odbacivanja veze može doći ako zahtjevani kapacitet sa već postojećim vezama premašuje kapacitet vodova.

Predavanje 11.

Komponente upravljačkog dijela :



Poziv = Osnovni poziv + Dodatna usluga

Vrste poziva

- Na razini obrade poziva:
 - Osnovni poziv
 - korisniku je ponuđen jednosmjernan proces od zahtjeva za pozivom do raskida veze kroz stanja biranja, usmjeravanja, oglašavanja, itd.
 - Neuspjeh u bilo kojem od navedenih stanja, vraća poziv na početak, odnosno upućuje na novi poziv.
 - Dodatne usluge
 - Omogućuju korektivne akcije u vođenju poziva
 - Djeluju prije početka, za vrijeme trajanja ili nakon završetka poziva.
- Prema mjestu nastanka poziva:
 - Izvorišni i odredišni dio poziva
 - Izvorišni dio može egzistirati samostalno
- Prema smjeru poziva:
 - Odlazni poziv (poziv sa izvorištem u promatranom sustavu ili mreži)
 - Dolazni poziv (poziv sa odredištem u promatranom sustavu ili mreži)
 - Lokalni poziv (poziv sa izvorištem i odredištem u promatranom sustavu ili mreži)

Dodatne usluge

- Termin dodatna usluga (engl. additional service) odnosi se na usluge u pozivu.
- Dodatna usluga pretpostavlja postojanje osnovne usluge (Osnovnog poziva).
- Primjeri dodatnih usluga:
 - Dodatne usluge za preusmjeravanje poziva:
 - Bezuvjetno preusmjeravanje poziva (Call Forwarding Unconditional; CFU) – Svi pozivi se upućuju na drugu lokaciju,
 - Preusmjeravanje na_ne_javljanje (Call Forwarding on No Reply) - Pozivi se upućuju na drugu lokaciju ako se pozvani ne javi,
 - Preusmjeravanje na_zauzeće (Call Forwarding on Busy) - Pozivi se upućuju na drugu lokaciju ako je pozvani zauzet,
 - Selektivno preusmjeravanje - provodi se prema prethodnim kriterijima ali selektivno samo za odabrane pozive,
 - Preusmjeravanje slijedi_me - bezuvjetno preusmjeravanje poziva koje se može provoditi kontinuirano za korisnika u pokretu. Korisnik sam inicira uslugu prema lokaciji na kojoj namjerava boraviti.
 - Prebacivanje poziva - (Call Transfer; CT) - prebacivanje tekućeg aktivnog poziva na parkirani poziv. Nakon aktiviranja usluge korisnik ostaje bez poziva.
 - Zaobilaženje preusmjeravanja - omogućuje upućivanje poziva koji će biti izuzet od preusmjeravanja na odredištu.
 - Dodatne usluge za upotpunjavanje poziva:
 - Poziv na čekanju - CW (Call Wait, CW);
 - Poziv nailazi na zauzeto odredište koje je u aktivnoj vezi.
 - Pozivajući može posebnim tonom najaviti pozvanom da čeka na liniji.
 - Parkiranje poziva (Call Parking) - Korisnik može parkirati poziv kako bi uputio novi ili se javio na dolazni.
 - Zadržavanje poziva (Call Hold, CH) - Korisnik može svoj aktivni poziv staviti na čekanje (držanje poziva).
 - Povrat poziva iz zadržavanja (Call Retrieve)
 - Automatski poziv prema natrag (Automatic Call Back, ACB)
 - Prema ISDN standardu naziv usluge je CCBS (Call Completion on Busy Subscriber)
 - Omogućuje automatsko generiranje poziva kada se odredište oslobodi ili aktivira,
 - Poziv se automatski generira od odredišta prema izvorištu i opet od izvorišta prema odredištu
 - Ostalo:
 - Ručno poslana poruka na čekanju (Manual message waiting)
 - Upadanje u govornu vezu (engl. Intrusion)
 - Autorizacija poziva (Call Authority) -
 - Konferencijski poziv (Conference Call)
 - Veza bez biranja (Hot Line) sa i bez kašnjenja
 - Prikaz/zabrana prikaza pozivajućeg i pozvanog broja (CLIP/CLIR)
 - Obavijest o tarifi (Advice of charge)
 - Podadresiranje (Subaddressing) - omogućuje znatno proširenje adresnog prostora za korisnike i usluge bez utjecaja na plan numeracije (samo za ISDN mreže)

- Višestruki korisnički broj (Multiple subscriber number) - omogućuje veliki broj adresa po korisničkom priključku (samo za ISDN)
- Ne ometaj (Don't Disturb) - omogućuje izuzimanje od prijema poziva uz obavijest pozivajućem. Može se primijeniti selektivno ili za sve pozive.
- Naknadno biranje (Suffix dialing) - u digitalnim sustavima pretvorba digitalnog signala u tonski i obrnuto.

Dodatne usluge za privatne komutacije i mreže

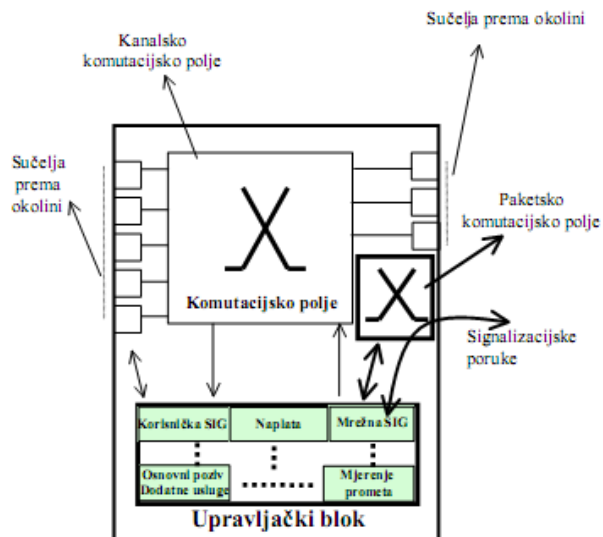
• Za privatne komutacije ili mreže komutacija je karakteristično da skup dodatnih usluga može biti specifičan potrebama poslovanja do te mjere da se pojedina usluga koristi samo u okviru jednog okruženja da je posebno razvijena samo za tu poslovnu sredinu.

• Primjeri:

- Vanjsko preusmjerenje (engl. External follow me)
- Direktno prolazno biranje (engl. Direct In Dialing - DID)
- Grupno i individualno preuzimanje poziva (engl. Group and individual pick up)
- Grupno traženje osoba (engl. Group Hunting)
- Glazba na čekanju (engl. Music on waiting)
- Višestruko dostupna linija (engl. Multiple Access Line)
- Usluga dvostrukog pozivnog broja (engl. Dual Telephone Number Service) - samo za analogne korisničke uređaje
- Interfonska komunikacija

Predavanje 12.

Komponente mrežne signalizacije



- Softverski modul za mrežnu signalizaciju komunicira signalizacijskim porukama sa drugim komutacijskim sustavima i sa aplikacijama.
- Signalizacijske poruke putuju posebnom mrežom kojoj su putevi fizički odvojeni od puteva za korisničke informacije.
- Signalizacijske poruke se komutiraju paketski.
- Mrežna signalizacija poznata je pod nazivom "signalizacijski sustav broj 7", odnosno SS7 (*Signaling system no 7*).
- Komutacije koje podržavaju signalizaciju SS7 opremljene kanalskim komutacijskim poljem za korisničku informaciju i paketskim komutacijskim poljem upravljačku informaciju.

Mrežna signalizacija - SS7

- SS7 je ISDN signalizacija između čvorova u mreži koji uključuju komutacijske i računalne resurse.
- Za osnovni poziv i (distribuirane) dodatne usluge signalizacijska informacija razmjenjuje se između komutacijskih čvorova (SSP - Signaling Switching Point).
- Za centralizirane usluge (usluge na mrežnoj razini) signalizacijska informacija dodatno uključuje računalne resurse kao krajnje čvorove mreže (SCP Signaling Control Point)
- Poruke se komutiraju paketski i transportiraju paketskim načinom prijenosa.
- Svaka SS7 komutacija dodatno je opremljena paketskim komutatorom.

Komponente signalizacijske mreže

- Signalizacijska mreža je izgrađena od tri osnovne komponente međusobno povezane signalizacijskim vezama:
 - SSP (Signalling Switching Point) – komutacijski sustav opremljen SS7 funkcijom
 - STP (Signalling Transfer Point) – paketske komutacije SS7 mreže; primaju i usmjeravaju signalizacijske poruke prema odredištu, te izvode specijalizirane funkcije usmjeravanja.
 - SCP (Signalling Control Point) - baze podataka koje osiguravaju potrebnu informaciju za dodatnu obradu poziva na razini mreže

STP hijerarhija

- STP su paketski komutatori i djeluju u funkciji rutera SS7 mreže. Poruke u pravilu nemaju izvorište u STP, a STP može funkcionirati kao vatrozid (firewall).
- Nacionalni STP
 - Transportiraju poruke samo unutar istog nacionalnog standarda protokola.
 - Nacionalni STP može uputiti poruke prema internacionalnom STP, ali bez prilagodbe protokola.
- Internacionalni STP
 - Izvodi STP funkcije u okviru internacionalne mreže.
 - Osigurava SS7 veze prema svim nacionalnim mrežama.
- Gateway STP
 - Pretvara signalizaciju jednog protokola u drugi.
 - Uobičajeno su to pristupne točke internacionalnoj signalizacijskoj mreži.

Svojstva SS7 linkova i zahtjevi

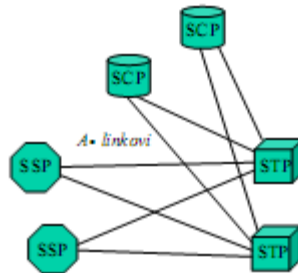
- Raspoloživost komponenti SS7 mreže je kritičan parametar za kvalitetu usluge, stoga je topologija visokoredundantna.
- Alternativne skupine linkova se koriste u slučajevima preopterećenja signalizacijske mreže.
- Maksimalno dozvoljeno vrijeme ispada grupe linkova iznosi 10 minuta na godinu.
- U slučaju ispada čvora kompletne funkcije preuzima pridruženi čvor (njegov par).
- SS7 čvorovi i linkovi su dizajnirani tako da maksimalno opterećenje ne prelazi 40% kapaciteta, što je uvijek dovoljna rezerva za slučaj preuzimanja kompletnog prometa od pridruženog para.

Signalizacijske veze

- SS7 veze su fizičke prijenosne linije (serijske) poput 64kbit/s kanala (DS0); povezuju pojedinačne čvorove SS7 mreže.
- SS7 mreža je visoko raspoloživa i redundantna; veze između čvorova omogućuju višestruki izbor puteva između izvorišta i odredišta.
- Greška na pojedinačnoj jedinici ne može uzrokovati pad sustava ili ometanje usluge.
- Kapacitet redundantnih veza je tako dimenzioniran da redundantne veze mogu preuzeti kompletan preusmjereni promet.

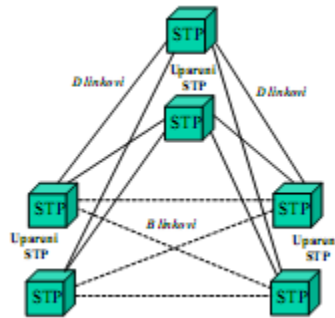
Signalizacijske veze tipa A

- Vrsta ili tip signalizacijskih veza A
- A-linkovi povezuju STP sa SCP ili SSP.
- Osnovna im je namjena prijenos signalizacije između krajnjih signalizacijskih točaka.



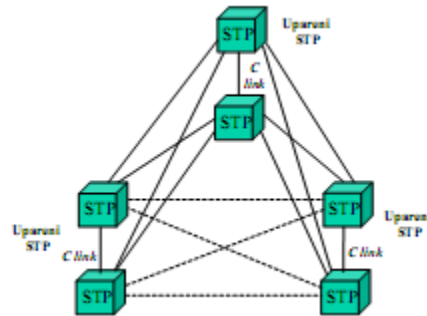
Signalizacijske veze tipa B i D

- B linkovi (Bridge links) povezuju parove STP čvorova.
- Dijagonalni linkovi (D links) povezuju odgovarajuće parove na različitim hijerarhijskim razinama.
- Hijerarhija nije striktno utvrđena pa se ove veze nazivaju B veze, D veze ili B/D linkovi.



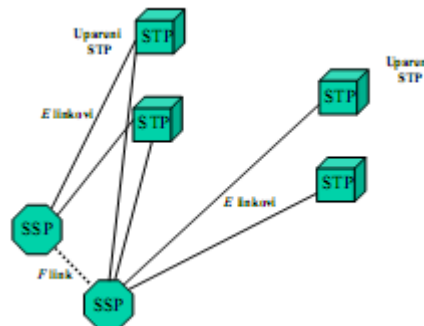
Signalizacijske veze tipa C

- C linkovi (Cross links) su interne veze između uparenih STP čvorova.
- Koriste se za povećanje raspoloživosti signalizacijske mreže - alternativna veza za slučaj prekida ili smetnji na ostalim linkovima.



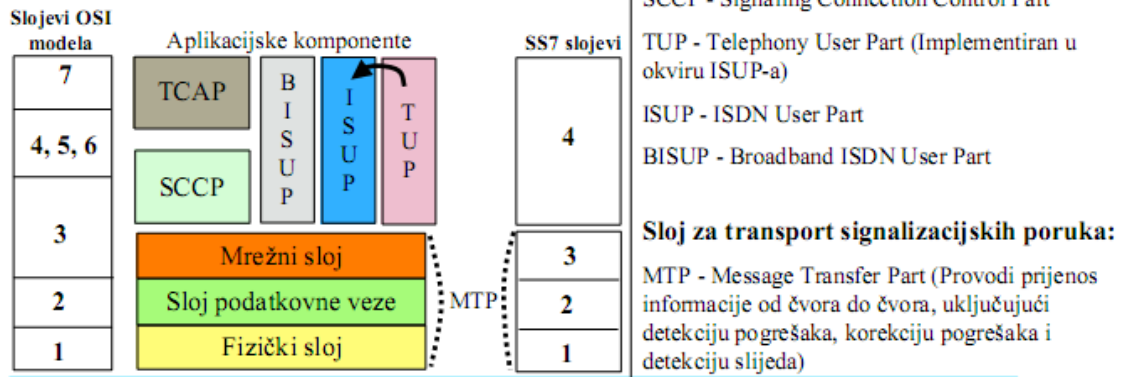
Signalizacijske veze tipa E i F

- E linkovi (Extended links) povezuju SSP na alternativni STP čvor za usmjeravanje povratnih poruka prema SSP i kada se iz nekog razloga ne može koristiti pripadni A link.
- E linkovi se nužno ne koriste osim u situacijama kada je odnos cijene i raspoloživosti u zadanim okvirima.
- F linkovi se koriste kada je potrebno izravno povezivati krajnje čvorove (SSP i/ili SCP).



Slojevi SS7 protokola

- Slojevi SS7 protokola usporedivi su sa OSI modelom.
- Slojevitost omogućuje komunikaciju među komponentama različitih proizvođača.
- Prva tri sloja čine sloj za transport poruka *message transfer part* (MTP):
 - MTP1 - fizički sloj
 - MTP2 - sloj podatkovne veze
 - MTP3 - mrežni sloj



Aplikacijske komponente

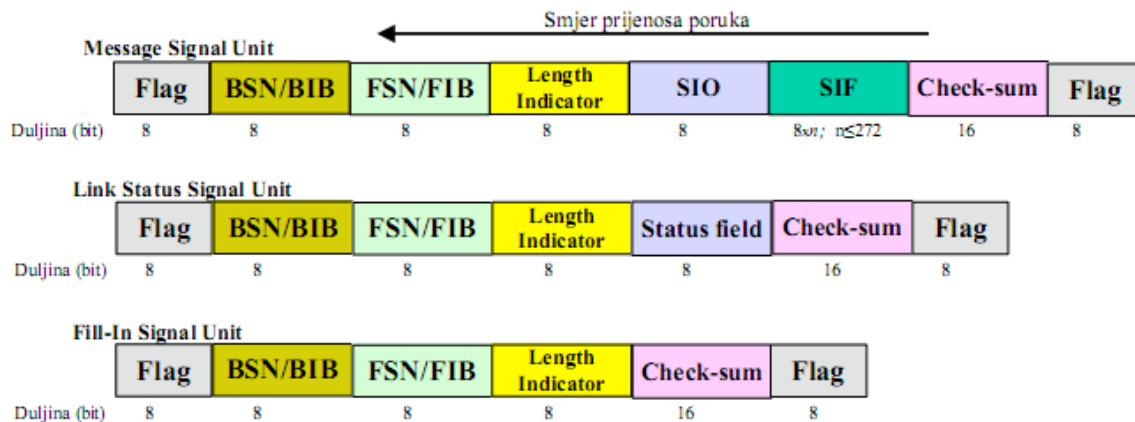
- TCAP
 - Omogućuje povezivanje sa vanjskim bazama podataka.
 - Primljena informacija šalje se natrag u obliku TCAP poruke.
 - Također podržava udaljeno upravljanje - uključivanje funkcija u drugom udaljenoj komutaciji.
- SCCP
 - Usmjerava TCAP poruke prema pripadajućoj bazi podataka.
 - Provodi usmjeravanje poruka više razine od MTP sloja.
- TUP
 - Analogni protokol koji provodi osnovni poziv i raskid veze za telefoniju.
 - Zamijenjen je ISUP-om, a u svijetu se još samo ponegdje koristi.
- ISUP
 - Podržava uspostavu i raskid veza između krajnjih točaka za osnovni telefonski poziv.
 - Postupno će ga zamijeniti BISUP.
- BISUP
 - ATM protokol za podršku usluga poput HDTV (High definition television), višeznačka TV, videokonferencije, ...

Signalizacijske jedinice - poruke

- Signalizacijska informacija prenosi se porukama koje se prema ITU standardu serije Q.700 nazivaju signalizacijske jedinice.
- Poruke se neprekidno šalju u oba smjera.
- SS7 signalizacija koristi 3 vrste poruka:
 - MSU (Message Signal Unit)
 - LSSU (Link Status Signal Unit)
 - FISU (Fill-In Signal Unit)
- Krajnji signalizacijski čvorovi uvijek šalju FISU po svakom linku, ako za transport nema pripremljenih MSU ili LSSU.

Struktura signalizacijskih poruka

- Sve tri vrste poruka imaju skupinu zajedničkih polja koja koristi MTP sloj. Ta polja su:
 - Flag (Označava početak i završetak poruke. Flag vrijednost = 01111110₂)
 - Checksum (16-bitna suma izračunata za poslanu poruku ponovno se računa na odredištu)
 - Length Indicator (Broj okteta koji se nalazi između Length Indicator i Checksum)
 - BSN/BIB; FSN/FIB (Okteti koji označavaju poziciju poruke u redoslijedu za natrag (BSN backward sequence number) i smjer prema naprijed (FSN forward sequence number))
- Signalizacijske poruke se razlikuju u SAD i u EU.

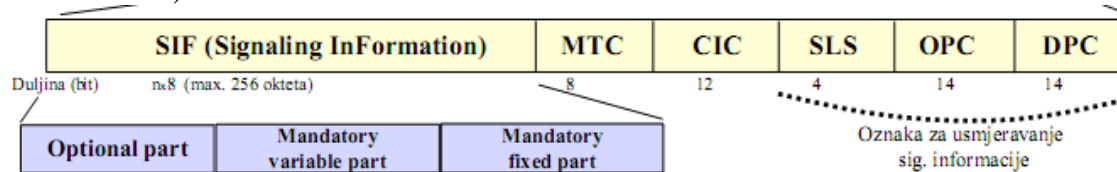


Message Signal Unit

- Signalizacijsku informaciju nosi poruka MSU (Message Signal Unit) u polju SIF (Signaling Information Field)
- SIF polje se sastoji od dijela za usmjeravanje informacije (DPC, OPC, SLS), identifikatora poruke (MTC), dijela za identifikaciju kanala (CIC) i same signalizacijske informacije.
- Signalizacijska informacija sadržana je od obaveznih (mandatory) parametara fiksne i varijabilne duljine, te neobaveznih (optional) parametara.
- Parametri signalizacijske informacije se mogu poslati proizvoljnim redoslijedom.
- Svaki parametar u sebi sadrži identifikator imena i duljine.

Struktura SIF polja

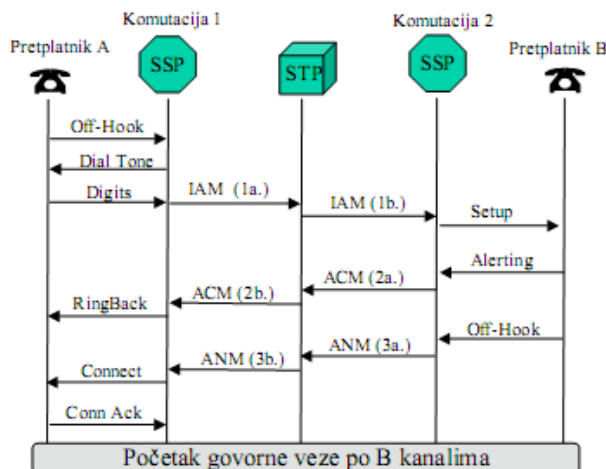
- Signalizacijska informacija smještena je u polju SIF.
- Format poruke ovisan je o tome koji aplikacijskom dijelu je poruka namijenjena.
- ISUP poruka osim signalizacijske informacije SIF, sadrži:
 - MTC (Message Type Code - vrsta/naziv poruke)
 - CIC (Circuit Identification Code - kod za identifikaciju B kanala)
 - SLS (Signalling Link Selection - informacija o signalizacijskom linku)
 - OPC (Origination Point Code - Kod/adresa izvorišnog čvora signalizacijske mreže)
 - DPC (Destination Point Code - Kod/adresa odredišnog čvora signalizacijske mreže)



Struktura SIO polja

- Service Information Octet (SIO) je polje veličine 8 bita koje sadrži tri vrste informacije:
 - 4 bita označavaju vrstu informacije u SIO, a djeluju kao identifikator usluge
 - Vrijednost 0 Funkcija: signaling network management
 - Vrijednost 1 Funkcija: signaling network testing and maintenance
 - Vrijednost 3 Funkcija: SCCP message
 - Vrijednost 5 Funkcija: ISUP message
 - 2 bita označavaju da li je poruka namijenjena (i kodirana) za nacionalnu mrežu ili internacionalnu mrežu. Uobičajeni kod za nacionalnu mrežu je 2.
 - Preostala 2 bita koriste se za označavanje prioriteta i to vrijednostima od 0 do 3. Vrijednost 3 predstavlja najviši prioritet. Prioritet ne upravlja redoslijedom slanja poruka. Prioritet se koristi jedino za slučaj preopterećenja u signalizacijskoj mreži.

ISUP poziv – slijedni dijagram



ISUP poruke kodirane su u MTC dijelu SIF polja:

- IAM - Initial Address Message
kod: 00 000 000 1
- ACM - Address Complete Message
kod: 00 000 110
- ANM - Answer Message
kod: 00 001 101
- Information request (Zahtjev za dodatnom informacijom)
kod: 00 000 011
- Information (Dodatna informacija)
kod: 00 000 100
- Release (Zahtjev za oslobađanjem kanala)
kod: 00 001 100
- Release Complete (Potvrda oslobađanja klanala)
kod: 00 010 000

Predavanje 13.

- mrežom se prenosi informacijski tok – informacijske jedinice
- komutacija kanala – poziv
- komutacija paketa – paket, poruka
- parametri
 - prosječna duljina informacijske jedinice
 - vrijeme zauzimanja prometne veze
- propagacija (širenje) kroz kanal (T_{pi})
- vrijeme obrade jedinice ($T_{si}=b/C$)

Kriteriji vrednovanja mreže

- sa strane vlasnika, dizajnera, operatera – cijena
- sa strane korisnika – kvaliteta mreže, usluga
- komutacija kanala (npr. klasična telefonija)
 - P_B = vjerojatnost blokiranja, vjerojatnost da pozivajući korisnik ne dobije vezu
- komutacija paketa (npr. internet)
 - T = srednje vrijeme zadržavanja paketa u mreži

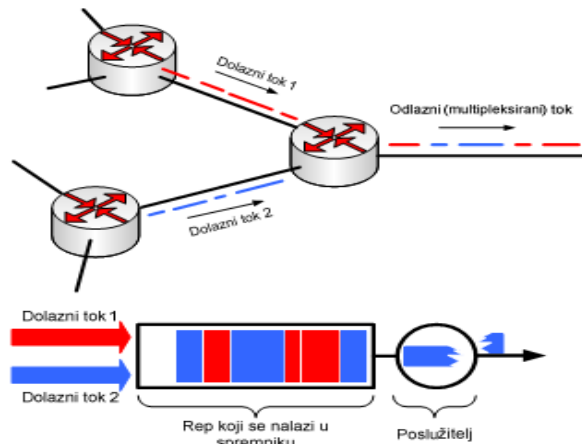
Analiza mreža. Planiranje mreža.

- utjecaj mnoštva parametara na funkcioniranje i kvalitetu mreže
 - topologija mreže
 - ulazni promet
 - kapaciteti grana i čvorova
 - modeli usmjeravanja,
 - zaštitni mehanizmi...
- projektiranje/planiranje mreže
 - osnovni ulazni zahtjev – P_{Bmax} ili T_{min}
 - moguća ograničenja – cijena mreže, topologija...

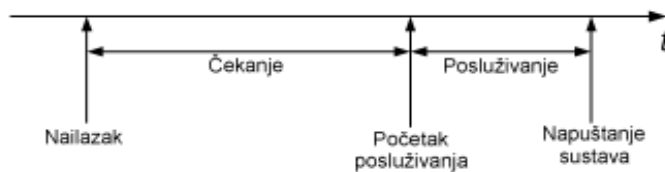
Optimizacijski problemi

- izbor kapaciteta (IK) – dimenzioniranje mreže – zadani tokovi, topologija, odrediti kapacitete grana (i čvorova) uz ograničenje cijene, i zadovoljavanje uvjeta
- raspodjela tokova (RT) – usmjeravanje – zadani kapaciteti grana, topologija, odrediti usmjeravanje tokova uz zadovoljavanje uvjeta
- izbor topologije (IT) – odrediti topologiju
- najčešći problemi
 - IK, RT, IK-RT, IT-RT

Problem multipleksiranja paketa



- Rep se formira onda kada trenutna veličina zahtjeva za posluživanjem prelazi kapacitet posluživanja poslužitelja
- U terminologiji teorije čekanja i posluživanja, zahtjevi za posluživanjem, jedinice koje dolaze na posluživanje, se zovu informacijske jedinice. Primjeri su: paket, okvir, poruka, poziv, programski blok itd.
- Dio sustava posluživanja u kojem se obavlja obrada informacijske jedinice se naziva poslužitelj.
- Informacijske jedinice koje pristižu u sustav posluživanja, a koje se ne mogu odmah poslužiti, smještaju se u spremnik u kojem formiraju rep.
- Osnovni problem pri analizi sustava posluživanja: prepoznati informacijsku jedinicu i poslužitelja!
- Tri faze posluživanja:



Formule:

- Intenzitet posluživanja: $\beta = \frac{1}{T_s}$
- Prosječno vrijeme boravka jedinice u sustavu – $T_q = T_w + T_s$
- Prosječan broj jedinica u cijelom sustavu: $L_q = \lambda T_q$
- Prosječan broj jedinica u repu: $L_w = \lambda T_w$
- Prosječan broj jedinica u samom poslužitelju: $\rho = \lambda T_s$
- Slijedi: $L_q = L_w + \rho$
- Prometni intenzitet: $A = \frac{T_s}{T_a} = \frac{\lambda}{\beta}$
- Opterećenje poslužitelja: $\rho = \min \left\{ 1, \frac{\lambda_{\text{tok koji dolazi do poslužitelja}}}{\beta_{\text{poslužitelja}}} \right\}$

Problem planiranja telekomunikacijskih mreža

- Traženje odgovarajuće topologije
 - Način na koji su povezani čvorovi u mreži
- Topologija zvijezde
- Topologija stabla
- Prstenasta topologija
- Topologija rešetke (mesh) itd.
- Usmjeravanje u mreži
 - Kojim putem kroz mrežu se obavlja komunikacija
- Problem raspodjele tokova u mreži
 - Rasporediti tokove u mreži ovisno o raspoloživim kapacitetima po linkovima
- Prikaz mreže pomoću grafa
 - Skup čvorova $V = \{v_1, v_2, \dots, v_n\}$, n čvorova
 - Skup grana $E = \{e_1, e_2, \dots, e_m\}$, m grana
- Usmjerena
- Neusmjerena
 - Duljina grane
- Euklidska distanca $d_{jk} = \sqrt{(x_j - x_k)^2 + (y_j - y_k)^2}$
- Manhattan distanca $d_{jk} = |x_j - x_k| + |y_j - y_k|$
- Neka druga
 - Propagacijsko kašnjenje
 - Pouzdanost
 - BER i sl.

Prim-Dijkstrin algoritam

- Neka su:
- V_1 = čvorovi koji su dio stabla (inicijalno prazan skup)
- V_2 = čvorovi koji nisu dio stabla ali su susjedni nekom čvoru iz V_1 (inicijalno prazan skup)
- V_3 = ostali čvorovi (inicijalno svi čvorovi)
- E_1 = Grane koje su dio stabla (inicijalno prazan skup)
- E_2 = najkraće grane koje povezuju neke čvorove iz V_2 sa čvorom u V_1 (inicijalno prazan skup)
- E_3 = preostale grane (inicijalno sve grane)
- Koraci algoritma
- 1. Proizvoljno odabrati početni čvor v: $V_1 = V_1 + \{v\}$, $V_3 = V_3 - v$, V_2 i E_2 izračunati
- 2. U E_2 pronaći granu minimalne duljine. Neka je (x,y) ta grana, pri čemu je $x \in V_1$, $y \in V_2$. Dodati y u V_1 , maknuti y iz V_3 , $E_1 = E_1 + (x,y)$, $E_3 = E_3 - (x,y)$, izračunati V_2 i E_2
- 3. Ako je $V_1 = V$ (svi čvorovi dodani u skup V_1) onda je kraj, inače vrati se na 2.

Kruskalov algoritam

1. Sortirati sve grane po rastućim duljinama (od najkraće prema najduljoj)
2. Provodi se uzastopno dodavanje grana u stablo, tako dugo dok stablo ne sadrži točno $n-1$ granu. Pri tom se pazi da novo dodana grana ne formira petlju sa nekom od prethodno dodanih grana.

Najkraći putevi u mreži

Koraci Dijkstrinog algoritma

1. Početni čvor s označiti stalnim indeksom 0, a svim ostalim čvorovima dati privremeni indeks ∞ .
2. Čvor k koji još nema stalni indeks dobiva novi, privremeni, čija je vrijednost: $\min\{(\text{stari indeks od } k), (\text{indeks od } j) + l_{jk}\}$ gdje je j čvor koji je zadnji dobio stalan indeks, a l_{jk} duljina grane koja povezuje čvorove j i k . Ukoliko takve grane nema $l_{jk} = \infty$
3. Najmanja vrijednost indeksa između svih privremenih indeksa postaje stalan indeks.
4. Ukoliko svi čvorovi posjeduju stalni indeks (ili ukoliko odredišni čvor posjeduje stalni indeks) KRAJ, inače se vrati u korak 2

Floydov algoritam

- Floydov algoritam pronalazi najkraće putove između svih parova čvorova
- Složenost algoritma je $O(n^3)$
- Oznake
 - N – broj čvorova u mreži (grafu)
 - L – matrica udaljenosti (težina) dimenzija $N \times N$
 - P – matrica sljedećih čvorova
- Algoritam
 1. Za mrežu s N čvorova formiramo $N \times N$ matricu $L_0 = \{l_{ij}\}$, gdje je l_{ij} težina grane koja povezuje čvorove i i j . Ukoliko i i j nisu povezani granom tada je $l_{ij} = \infty$. Brojčanik $k = 0$.
 2. $k = k + 1$; izračunaj novu matricu L_k prema relaciji: $l_{ij} = \min\{l_{ij}, l_{ik} + l_{kj}\}$
 3. Ukoliko je $k = N$ tada je KRAJ inače se vrati u korak (2)