

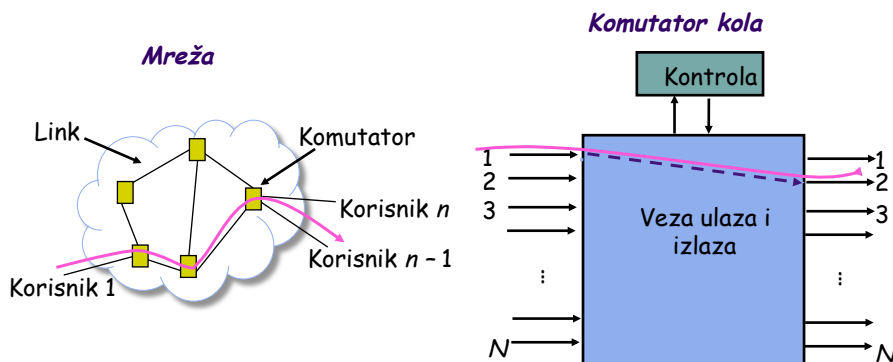
Koncepti digitalne komutacije kola



Mreža sa komutacijom kola



- Kola sadrže dodijeljene resurse u vidu sekvence linkova i komutatora mreže
- *Komutatori kola* povezuju ulazne i izlazne linkove



Tipovi komutatora kola

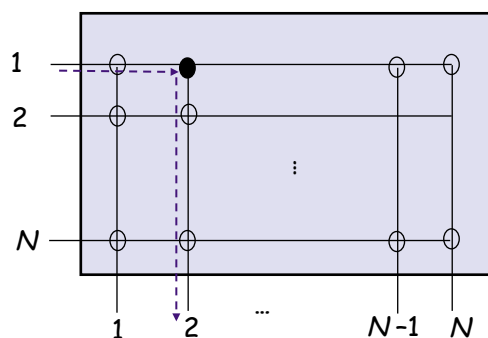


- Prostorni komutator
 - Komutator na bazi prostorne raspodjele
 - Uspostavljanje fizičke veze između ulaza i izlaza
 - Primjeri: Krosbar komutatori, Višekaskadni komutatori
- Vremenski komutator
 - Komutator na bazi vremenske raspodjele
 - Tehnika prosleđivanja vremenskih kanala iz multipleksa na ulazima u odgovarajuće multiplekse na izlazu.
 - Vremensko-prostorni-vremenski komutatori
- Frekvencijski komutatori
 - Veza se ostvaruje posredstvom frekvencijskih kanala.
 - Neekonomični tako da nijesu našli primjenu.
 - Optički komutatori
- Hibridni kombinuju vremensku & prostornu komutaciju

Krosbar prostorne komutacije



- $N \times N$ matrica ukrasnih tačaka
- Povezuje ulaz sa izlazom zatvaranjem ukrasnih tačaka
- Neblokirajuće: Svaki ulaz se može povezati na slobodni izlaz
- Kompleksnost: N^2 ukrasnih tačaka

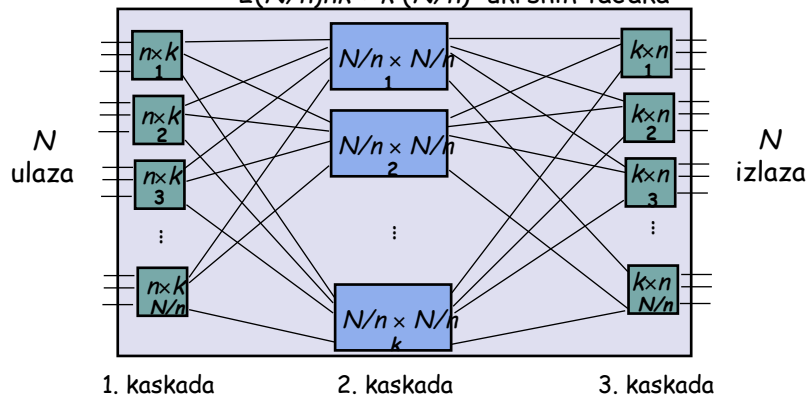


Višekaskadni prostorni komutator



- Veliki komutator se pravi od više kaskada malih komutatora
- n ulaza komutatora prve kaskade zajednički koriste k puteva kroz krosbar međukomutatore
- Veliko k (više krosbar međukomutatora) znači više puteva do izlaza
- 1950-tih, Clos je dao odgovor na pitanje, "Koliko krosbar međukomutatora je potrebno da bi komutator bio neblokirajući?"

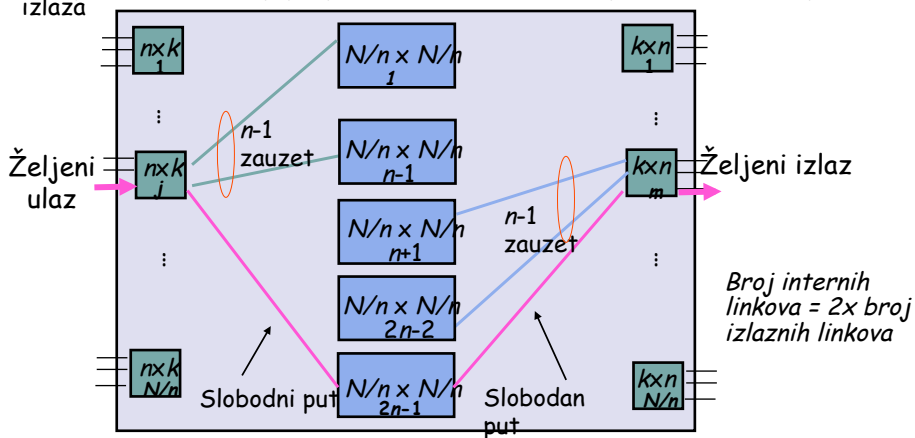
$$2(N/n)nk + k(N/n)^2 \text{ ukrasnih tačaka}$$



Closov neblokirajući uslov: $k=2n-1$



- Zahtijeva vezu između posljednjeg ulaza proizvoljnog komutatora j do posljednjeg izlaza proizvoljnog izlaznog komutatora m
- Najgori slučaj: Svi drugi ulazi ulaznog komutatora j zauzeli prvih $n-1$ međukomutatora i svi drugi izlazi izlaznog komutatora m su zauzeli sledećih $n-1$ međukomutatora
- Ako je $k=2n-1$, postoji još jedan slobodan put od željenog ulaza do željenog izlaza



Minimalna kompleksnost Klosovog komutatora



$C(n)$ = broj ukrasnih tačaka u Klosovom komutatoru

$$= 2Nk + k\left(\frac{N}{n}\right)^2 = 2N(2n-1) + (2n-1)\left(\frac{N}{n}\right)^2$$

Izvod po n :

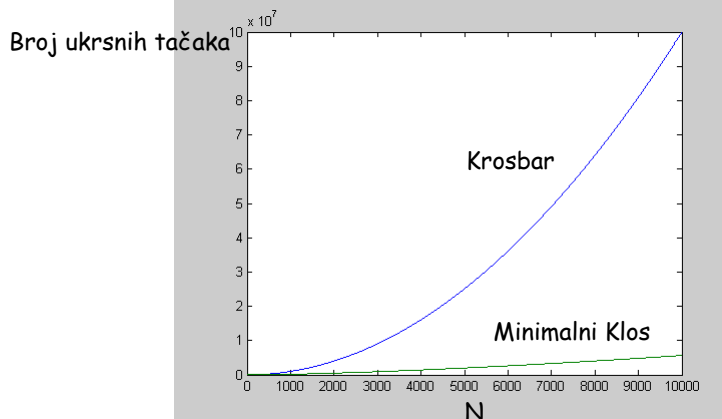
$$0 = \frac{dC}{dn} = 4N - \frac{2N^2}{n^2} + \frac{2N^2}{n^3} \overset{0}{\approx} 4N - \frac{2N^2}{n^2} \implies n \approx \sqrt{\frac{N}{2}}$$

Minimalni broj ukrasnih tačaka:

$$C^* = \left(2N + \frac{N^2}{2}\right) \left(2\left(\frac{N}{2}\right)^{1/2} - 1\right) = 4N(\sqrt{2N} - 1) \approx 4N\sqrt{2N} = 4\sqrt{2} N^{1.5}$$

Za veliko N ovo je manje od N^2

Minimalna kompleksnost Klosovog komutatora

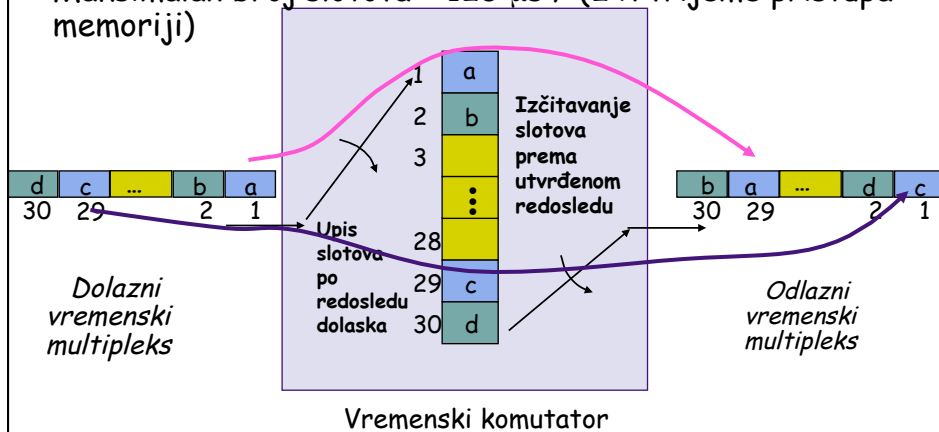


Neblokirajući dizajn nije optimalan, te sa strane operatora nije poželjan!

Vremenska komutacija



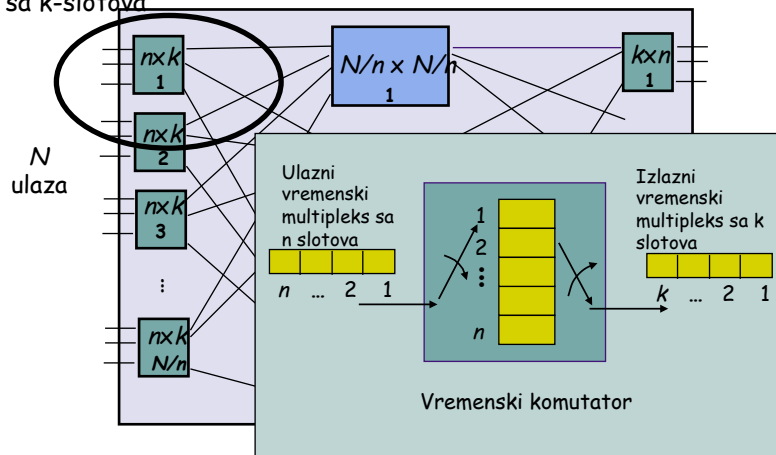
- Upis bajtova dolaznog vremenskog multipleksa u memoriju
- Izčitavanje bajtova po permutovanom redosledu u odlazni vremenski multipleks
- Maksimalan broj slotova = $125 \mu s / (2 \times \text{vrijeme pristupa memoriji})$



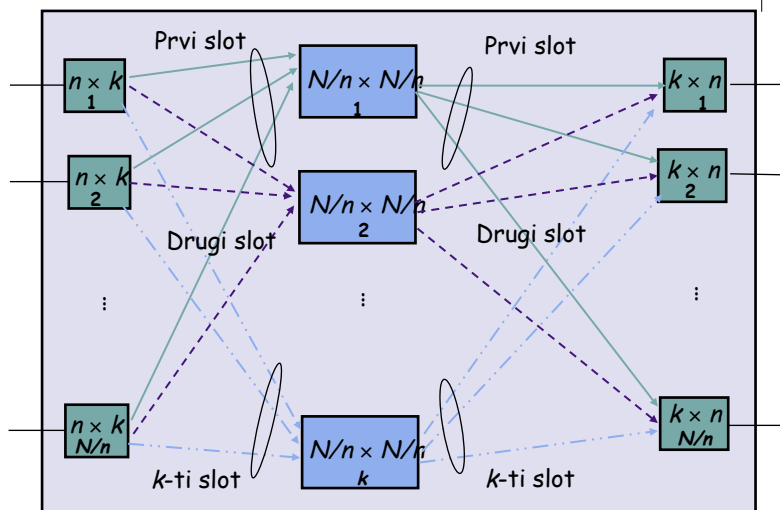
Vrijeme-Prostor-Vrijeme hibridni komutator



- Koristi vremenski komutator u prvoj & trećoj kaskadi; koristi krosbar u sredini
- Mijenja ulazne i izlazne $n \times k$ prostorne komutatore sa vremenskim komutatorima koji ulazni frejms sa n -slotova komutira u izlazni frejms sa k -slotova

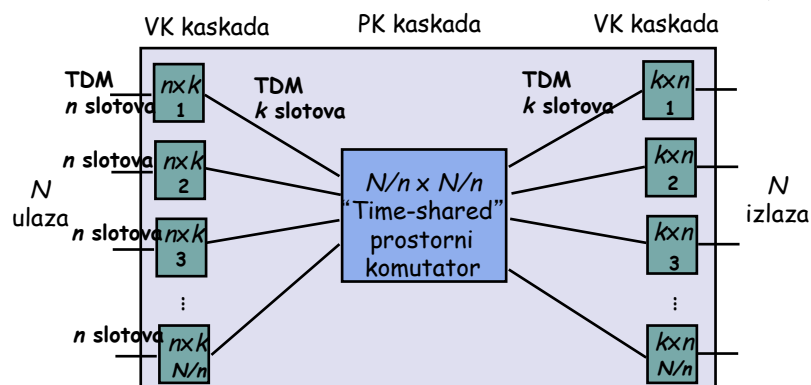


Prosleđivanje vremenskih slotova između komutatora

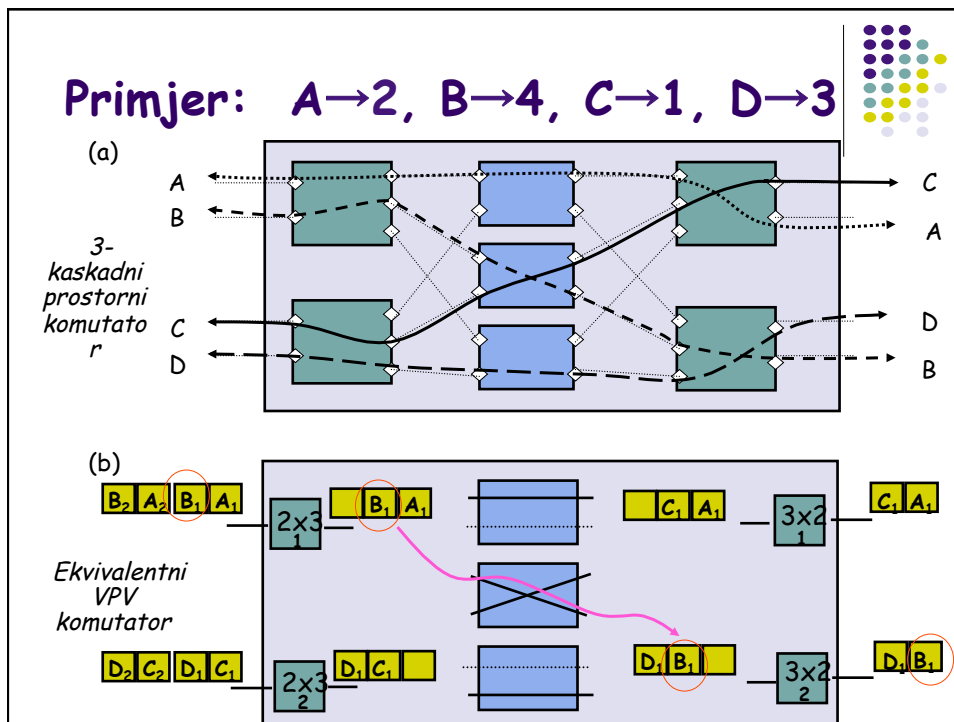


- Samo je jedan prostorni komutator aktivan tokom vremenskog slota!

"Time-Share" krosbar komutator



- Način međupovezivanja prostornog komutatora se rekonfigurise u svakom vremenskom slotu
- Vrlo kompaktan dizajn: manje linija zbog TDM & manje prostora zbog "time-shared" krosbara



Primjer: V-P-V dizajn komutatora

Za $N = 960$

- Jednokaskadni prostorni komutator ~ 1 milion ukrasnih tačaka
- V-P-V
 - Neka je $n = 120$ $N/n = 8$ vremenskih komutatora
 - $k = 2n - 1 = 239$ za neblokirajući dizajn
 - Neka je $k = 240$ vremenskih slotova
 - Potreban je 8×8 vremenski-multipleksiran prostorni komutator

Za $N = 96,000$

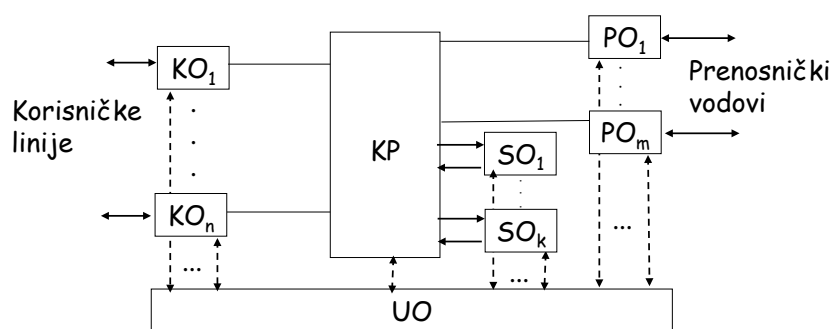
- V-P-V
 - Neka $n = 120$ $k = 239$
 - $N/n = 800$
 - Potreban 800×800 prostorni komutator

Za realizaciju VPV komutatora je potrebna i memorija za realizaciju vremenskog komutatora!

Telefonski komutacioni sistem



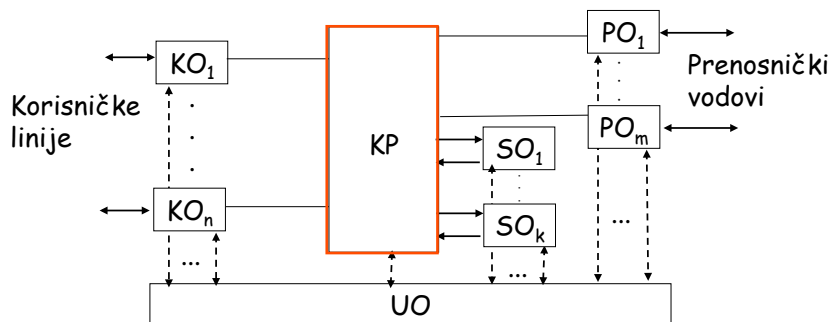
Struktura telefonskog komutacionog sistema





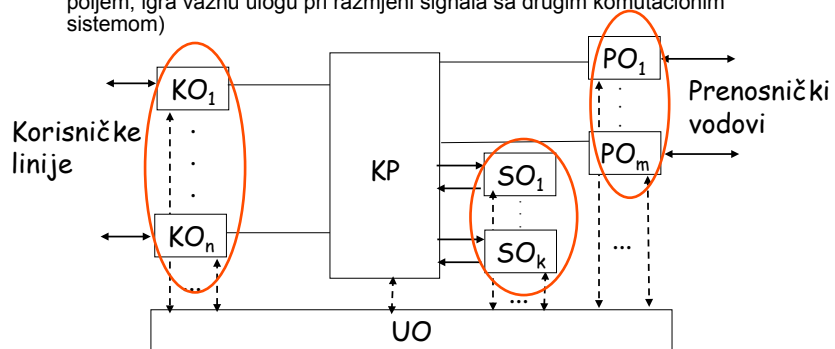
Struktura komutacionog sistema:

- Komutaciono polje (izvršava proces komutacije za korisničke linije i prenosničke vodove koji to zahtijevaju)



Struktura komutacionog sistema:

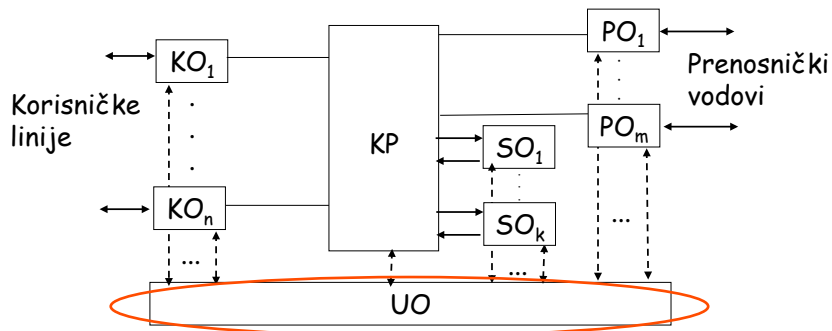
- Terminalni organi (električni i signalizacioni interfejsi KS u odnosu na njegovu okolinu koju čine korisničke linije i prenosnički vodovi)
 - Korisnički organ (povezivanje korisničke linije na komutaciono polje, posreduje pri razmjeni signala, odnosno upravljačkih poruka između korisničke linije u upravljačkog organa)
 - Spojni organ (učestvuje u realizaciji lokalnih veza, pri čemu obavlja razmjenu signala sa UO, ili nudi pomoćne funkcije kao npr. napajanje korisničkih terminala)
 - Prenosnički organ (ostvaruje spregu prenosničkog voda sa komutacionim poljem, igra važnu ulogu pri razmjeni signala sa drugim komutacionim sistemom)





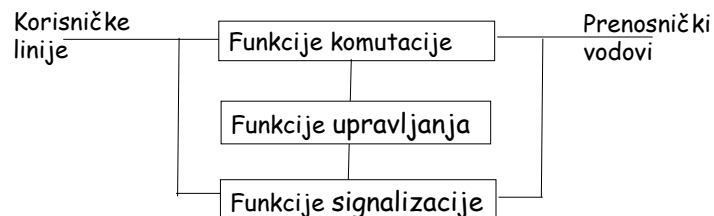
Struktura komutacionog sistema:

- Upravljački organ (upravljačke funkcije pri realizaciji komutacionog procesa)



Osnovne funkcije komutacionog sistema:

- Komutacija (komutacioni proces – uspostavljanje i raskidanje puteva kroz komutaciono polje)
- Signalizacija (prijem i slanje signala koji nose podatke potrebne pri posluživanju poziva)
- Upravljanje (obrada primljenih podataka i upravljanje aktivnostima pri posluživanju poziva)



Poziv: Iniciranje veze od strane korisnika.

Posluživanje poziva: Funkcije koje se obavljaju pri uspostavljanju i raskidanju odgovarajuće veze.



Osnovne karakteristike komutacionih polja:

- Unutrašnje gomilanje (iako je traženi izlaz slobodan postoji vjerovatnoća, koja je mjera kvaliteta, da se ne može naći put kroz komutaciono polje do pozvanog izlaza)
- Dostupnost
 - Potpuna (od svakog ulaza se može doseći do svakog izlaza)
 - Nepotpuna (od svakog ulaza se ne može doseći do svakog izlaza)
- Jednosmjerna (pristupne tačke su ili izlazi ili ulazi) i dvosmjerna polja (pristupne tačke su i izlazi i ulazi)



Traženje puta:

- Prethodi uspostavljanju veze kroz komutaciono polje
- Podrazumijeva određivanje, prije uspostavljanja veze, mogućih puteva od pozivajućeg ulaza do pozvanog izlaza, kao i izbor jednog od njih.
- Put tačka-tačka (jedan izlaz) ili put tačka-grupa (više izlaza)
- U slučaju da se put ne nađe, pozivajući korisnik može odustati (poziv je izgubljen) ili čekati da se steknu potrebni uslovi (poziv je na čekanju).
- Iako jednostavna funkcija kod jednokaskadnih komutacionih polja, može biti izuzetno složena kod višekaskadnih realizacija.



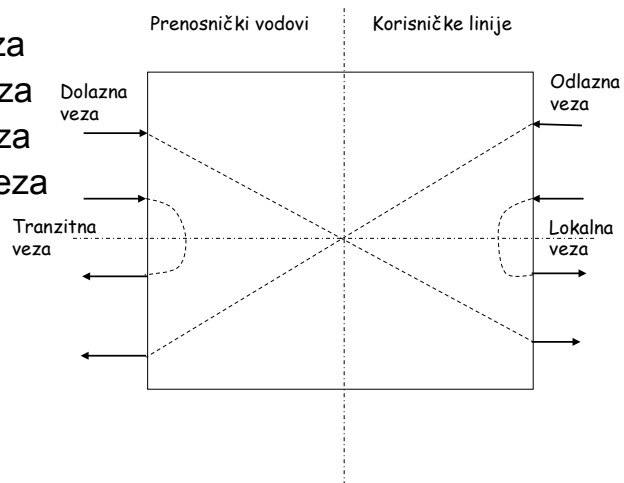
Traženje puta u slučaju više kaskada:

- Metoda traženja puta od jedne do druge međuveze (put se traži sekvencionalno tj. u posmatranom vremenu obavlja se samo za jednu kaskadu)
- Metoda traženja puta od kraja do kraja (put se traži kroz kompletno komutaciono polje) na osnovu dinamičke slike stanja koja se dobija:
 - Tehnikom mape u komutacionom polju
 - Tehnikom mape u memoriji



Vrste veza:

- Lokalna veza
- Odlazna veza
- Dolazna veza
- Transitna veza





Putevi veza:

- Put lokalne veze kroz komutaciono polje između dvije korisničke linije, odnosno odgovarajućih korisničkih organa
- Put odlazne veze kroz komutaciono polje od odgovarajućeg korisničkog organa do odlaznog prenosničkog organa
- Put dolazne veze kroz komutaciono polje od odgovarajućeg dolaznog prenosničkog organa do korisničkog organa
- Put tranzitne veze kroz komutaciono polje od dolaznog do odlaznog prenosničkog organa

Signalizacija





Funkcije signalizacije:

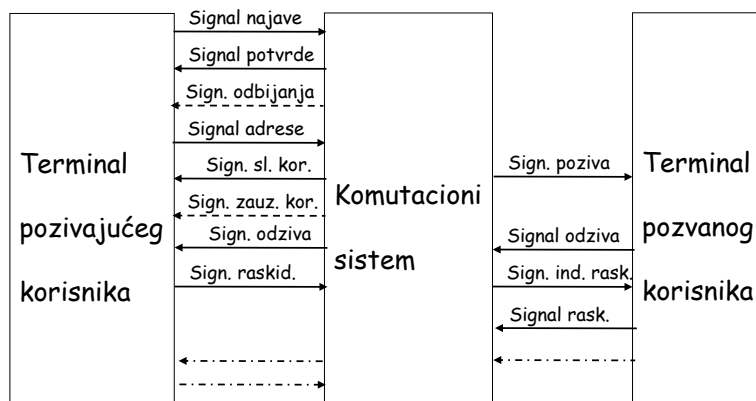
Interakcija komutacionog sistema sa njegovom okolinom

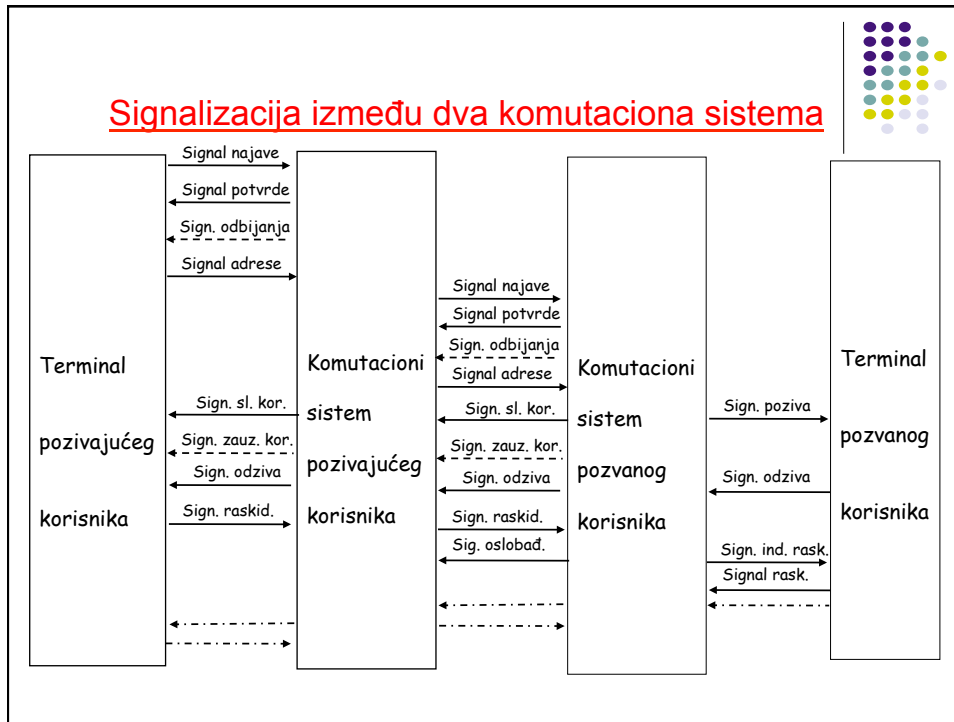
- Signali kojima se zahtijeva veza, odnosno njeno oslobađanje
- Signali koji nose podatke o adresama
- Signali koji daju obavještenje o stanju veze, odnosno etapi posluživanja,
- Signali koji su rezultat nadgledanja posmatrane veze

Sistem signalizacije: Skup više signala različitih kategorija koji omogućava kompletan ciklus posluživanja poziva u komutacionom sistemu.



Signalizacija između komutacionog sistema i korisničkog terminala





- ### Tehnike signalizacije: načini i sredstva realizacije signala u pojedinim sistemima signalizacije
- Tehnika prekidanja signalizacione petlje (prekidanje i uspostavljanje toka jednosmjerne struje) koja se primjenjuje kod impulsnog biranja i signalizacije vezane za međusobni rad nekih telefonskih centrala
 - Višefrekvencijska tehnika (skup signala je kodiran) koja se primjenjuje kod tonskog biranja i signalizacije vezane za međusobni rad nekih telefonskih centrala
 - Tehnika komutacije porukama (signali su poruke određenog formata) koja se primjenjuje kod signalizacije između savremenih komutacionih sistema

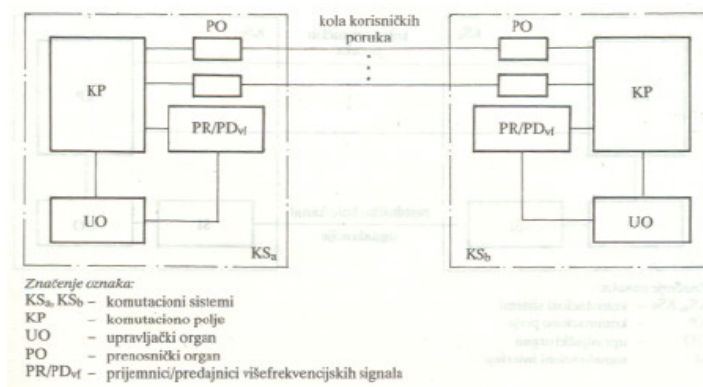


Signalizacije prema načinu prenošenja signala:

- Signalizacija po pridruženom kanalu (signali se prenose po kolu, odnosno kanalu po kome se prenose odgovarajuće korisničke poruke ili po posebnom signalizacionom kolu/kanalu stalno pridruženom kolu/kanalu korisničke poruke)
- Signalizacija po zajedničkom kanalu (signali koji odgovaraju većem broju kola/kanala korisničkih poruka se šalju u formi poruka po posebnom zajedničkom signalizacionom kolu/kanalu)



Signalizacija po pridruženom kanalu:





Signalizacija po zajedničkom kanalu:



Upoređenje signalizacija prema načinu prenošenja signala:

Signalizacija po pridruženom kanalu	Signalizacija po zajedničkom kanalu
Analogna telefonija	Savremene mreže telekomunikacionih usluga
Relativno mala brzina prenošenja signala	Velika brzina prenošenja signala
Mali repertoar signala	Veliki repertoar signala
Uske tolerancije signala (vrijeme, frekvencija)	Mogućnost naknadnog proširenja
Neefikasno korišćenje signalizacionog kapaciteta	Detektovanje i otklanjanje grešaka u prenosu
Teško izvodljiva proširenja	Efikasno korišćenje signalizacionog kola
Otežana primjena u savremenim telekomun.	Jednostavni signalizacioni organi

Funkcije upravljanja komutacionim sistemom



Osnovne funkcije upravljanja su:

- Funkcije obrade poziva
- Funkcije održavanja i administracije

Funkcije upravljanja obuhvataju:

- Prijem signala
- Skladištenje podataka
- Obrada primljenih podataka
- Predaja signala, koji sadrže podatke o rezultatima obrade.





Funkcije obrade poziva:

- Funkcije skanovanja (prikupljanje podataka o svim značajnim događajima na korisničkim linijama i prenosničkim vodovima u tačkama skanovanja)
- Funkcije distribucije (upravljanje slanjem signala po korisničkim linijama i prenosničkim vodovima preko tačaka distribucije)
- Interne funkcije upravljanja (npr. analiza primljenih signala ili odlučivanje pri uspostavljanju veze)
- Funkcije traženja, aktiviranja i oslobađanja puteva kroz komutaciona polja

Sve ove funkcije moraju biti izvršene u realnom vremenu!

Upravljački organ komutacionog sistema ima mogućnost obrade i nekoliko stotina poziva istovremeno.

Usljed toga se kapacitet upravljačkog organa (procesora) i mjeri brojem poziva koji se mogu poslužiti u jedinici vremena.



Funkcije održavanja i administracije:

- Detektovanje i lociranje grešaka u komutacionom sistemu
- Vođenje administracije o HW i SW komutacionog sistema
- Nadgledanje rada i mjerenje saobraćaja

Sve ove funkcije ne moraju biti izvršene u realnom vremenu i nije potrebna paralelna obrada!

Potrebna je značajno kompleksnija logika nego za obradu poziva.

Potrebna je interfejs čovjek-mašina sa osobljem za održavanje.



Oganizacija upravljanja:

- Organizacija u zavisnosti od raspodjele
 - Funkcija (centralizovana i decentralizovana)
 - Saobraćaja (centralizovana i decentralizovana)
- Organizacija na bazi različitih principa i tehnika
 - Direktno(korak po korak, upravljanje iz terminala korisnika)
 - indirektno upravljanje
 - Regstarsko (prihvata skladišti adresne poruke)-markersko (traži, aktivira i deaktivira puteve u komutacionom polju) upravljanje
 - Programsko upravljanje (SW)

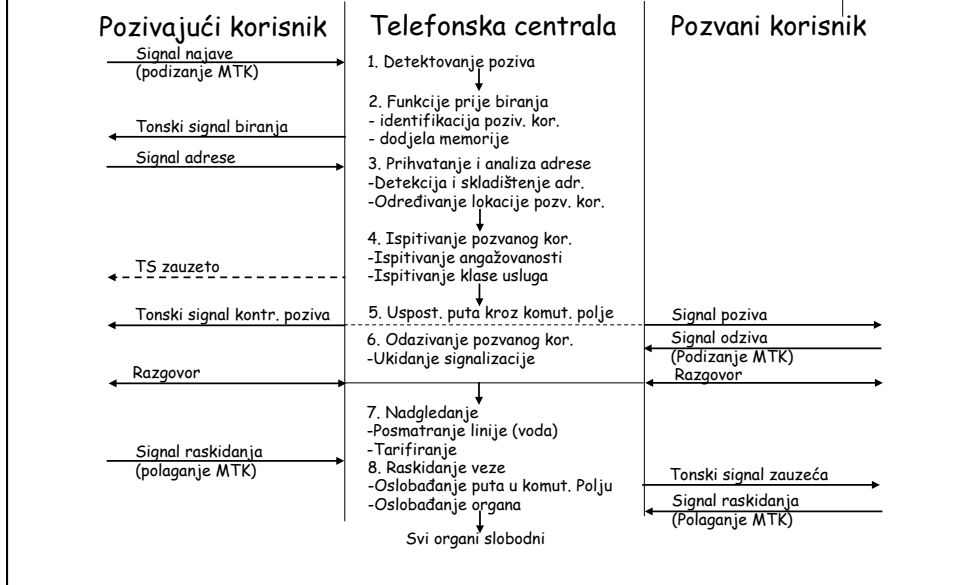


Tipične funkcije posluživanja poziva:

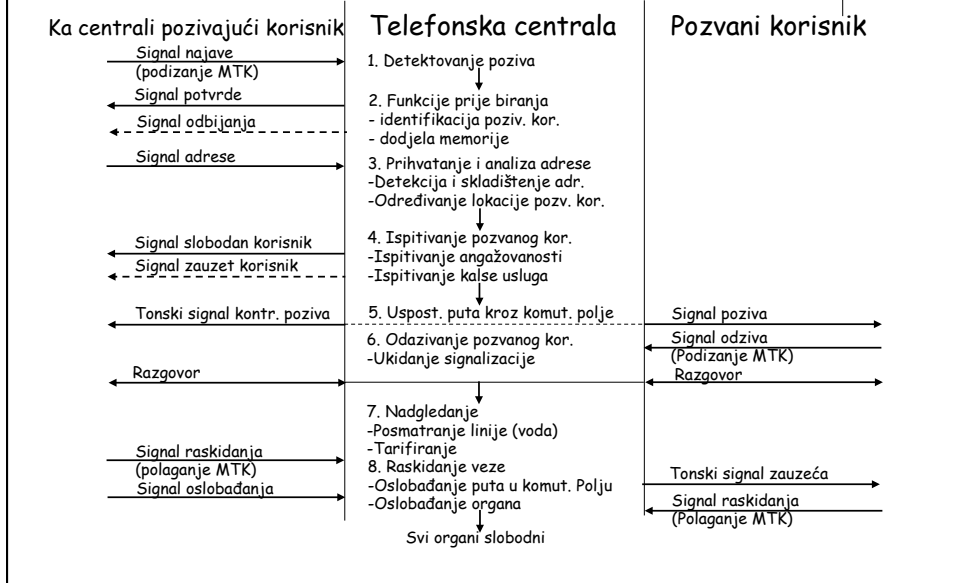
Naziv funkcije		Funkcija		
		K	S	U
1.	Detekcija signala			x
2	Najava		x	
3	Interpretacija			x
3	Distribucija komandi/signala		x	x
5	Prijem adresnih signala		x	
6	Analiza cifara adrese			x
7	Ispitivanje zauzetosti			x
8	Traženje puta u komut. polju	(x)		x
9	Traženje puta u mreži			x
10	Uspostavljanje puta u komut. polju	x		x
11	Upućivanje poziva		x	
12	Slanje adresnih signala		x	
13	Odazivanje		x	
14	Nadgledanje		x	(x)
15	Raskidanje veze		x	x
16	Oslobađanje puta u komut. polju	x		x



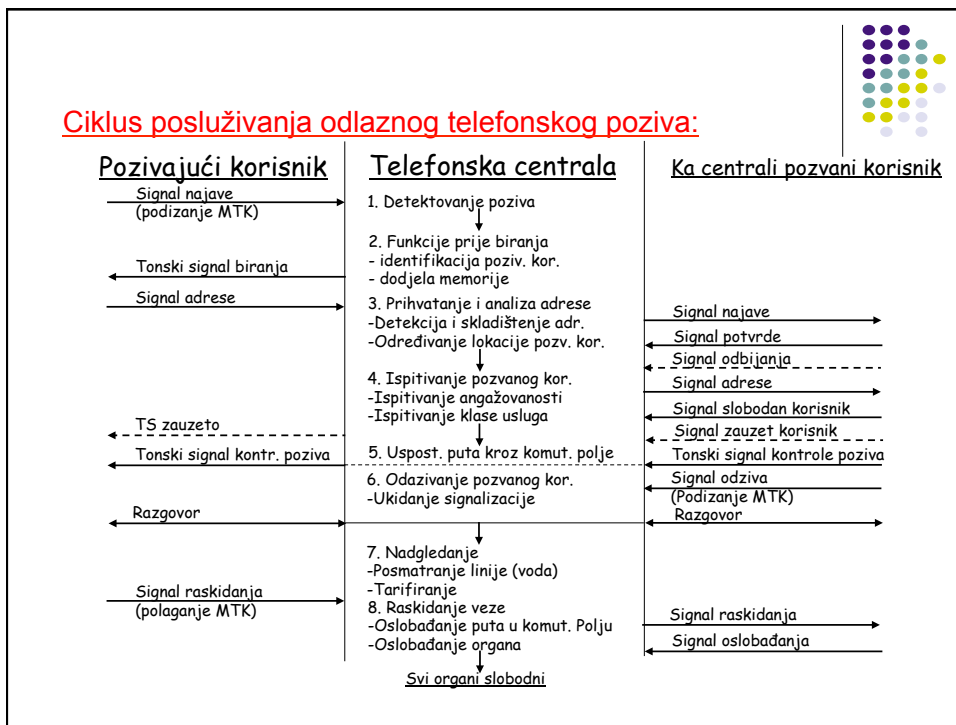
Ciklus posluživanja lokalnog telefonskog poziva:



Ciklus posluživanja dolaznog telefonskog poziva:



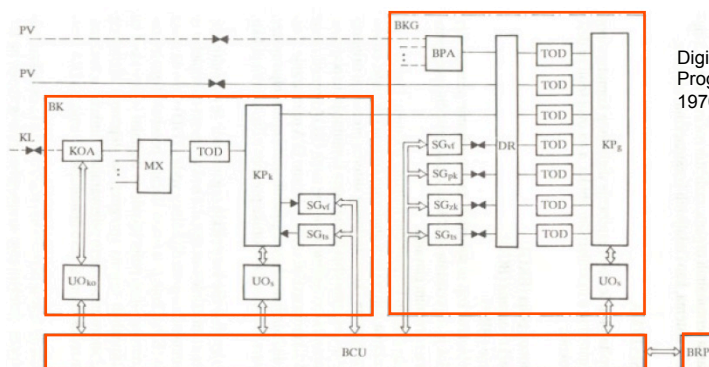
Ciklus posluživanja odlaznog telefonskog poziva:



Digitalni komutacioni sistem



Opšta organizacija digitalnog komutacionog sistema



Digitalna komutacija
Programsko upravljanje
1970

Značenje oznaka:

BK	- korisnički blok	DR	- digitalni razdelnik
BKG	- blok grupnog KP	UOko	- upravljački organ KOA
BCU	- blok centralnih UO	UOk	- upravljački organ komutacionog stepena
BRP	- blok računarske periferije	SGof	- generator tonskih signala i snimljenih poruka
BPA	- blok prenosničkih organa analognih vodova	SGpk	- organi višefrekvencijske signalizacije
KOA	- korisnički organ analognih linija	SGzk	- organi signalizacije po pridruženosti kanala
TOD	- terminalni organ digitalnog voda	SGis	- organi signalizacije po zajedničkom kanalu
KPg	- korisničko KP	---	- analogni putevi
KP	- grupno KP	---	- digitalni putevi
MX	- multiplexer		



Opšta organizacija digitalnog komutacionog sistema

Korisnički blok:

- Obezbeđuje pristup korisničkim linijama u komutacioni sistem
 - Korisnički organi analogne linije
 - Korisnički organi digitalne linije
- Digitalizovani korisnički signali iz više KO se vode na multiplexer
- Tako dobijeni interni multipleksi se dovode preko terminalnih organa digitalnog voda na ulaze korisničkog komutacionog polja
- Izlazi ovog komutacionog polja su digitalni vodovi, koji su posredstvom odgovarajućih terminalnih organa povezani sa grupnim komutacionim poljem
- U ovom dijelu se ostvaruju prijem višefrekvencijske signalizacije i generisanje tonske signalizacije.
- Postoje i funkcije upravljanja koje se odnose na više korisničkih organa, odnosno na odgovarajući komutacioni stepen



Opšta organizacija digitalnog komutacionog sistema

Blok grupnog komutacionog polja:

- Prihvata sve eksterne i interne multiplekse koji dolaze na digitalni razdjelnik
- Multipleksi se preko odgovarajućih terminalnih organa digitalnih vodova vode na stepen grupnog komutacionog polja
- U ovom komutacionom polju se obavlja digitalna komutacija vremenskih kanala različitih multipleksa
- Digitalni prenosnički vodovi su direktno spregnuti na digitalni razdjelnik i njima se dovode/odvode eksterni multipleksi
- Postupak obrade kod analognih prenosničkih vodova je sličan kao kod korisničkih organa (A/D konverzija + multipleksiranje)



Opšta organizacija digitalnog komutacionog sistema

Blok grupnog komutacionog polja(nastavak):

- U okviru ovog bloka komutiraju se i signalizacione poruke sa različitim opcijama čemu služe
 - generator tonskih signala i snimljenih poruka
 - organi višefrekvencijske signalizacije
 - organi signalizacije po pridruženom kanalu
 - organi signalizacije po zajedničkom kanalu



Opšta organizacija digitalnog komutacionog sistema

Blok centralnih upravljačkih organa:

- Obavlja upravljanje digitalnim komutacionim poljem

Blok računarske periferije:

- Pruža operatoru čovjek-mašina interfejs.

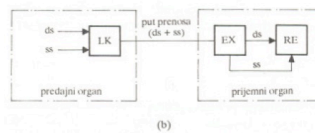
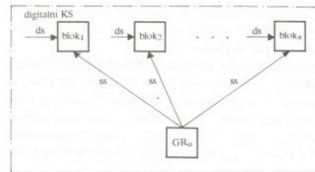


Signalizacija u digitalnom komutacionom sistemu

- Korisnička signalizacija
 - Adresni (slanje broja) i linijski signali (podizanje i spuštanje slušalice)
- Signalizacija sa drugim komutacionim sistemom
 - Po pridruženom kanalu
 - Višefrekvencijska signalizacija
 - Po zajedničkom kanalu
- Tonska signalizacija
 - Analogna forma
 - Digitalna forma
 - Tonski signali i snimljena obavještenja
- Višefrekvencijska signalizacija
- Signalizacije po pridruženom i zajedničkom kanalu
- Komunikacija internim porukama

Sinhronizacija sistema

- Opšte o sinhronizaciji u digitalnim mrežama
- obavlja se posebnim sinhronizacionim signalima koji se od nekog izvora osnovnog ritma u formi binarnih signala distribuiraju u sve dijelove sistema ako su rastojanja mala
 - Ako su rastojanja velika sinhronizacioni signali se šalju u okviru multipleksa sa digitalizovanim korisničkim porukama



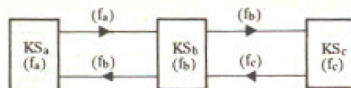
Značenje oznaka:
GR_o – generator osnovnog ritma
ds – signali digitalizovane korisničke poruke
ss – sinhronizacioni signali
LK – pretvarač binarnog u linijski kod
EK – organ za izvlačenje ss
RE – organ za regeneraciju ss

Sinhronizacija sistema

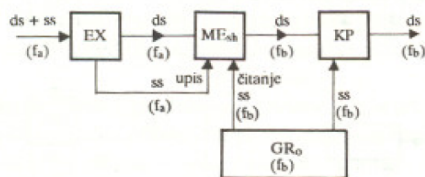
- Osnovne metode sinhronizacije u digitalnim mrežama
- Plezioroni rad kada mreža radi asinhrono, s tim što su svi lokalni ritmovi za sinhronozaciju izuzetno velike tačnosti
 - Sinhronizacija na principu glavni – nadređeni bazira se na tome da jedan glavni izvor ritma sinhroniše sve čvorove mreže. Primjenjuje se na hijerarhijskoj osnovi.
 - Uzajamna sinhronizacija podrazumijeva da svi čvorovi imaju isti status. Svaki od čvorova dobija sinhronizacioni ritam od drugih čvorova, upoređuje ih sa sopstvenim i određuje potrebne korekcije sopstvenog ritma. Na taj način svi čvorovi rade praktično sa istim sinhro ritmom.

Sinhronizacija digitalnih komutacionih sistema

Osnovni princip



(a)



(b)

Značenje oznaka:

KS_a, KS_b, KS_c – komutacioni sistemi

f_a, f_b, f_c – ritmovi sinhronizacije

ds – signali digitalizovane korisničke poruke

ss – sinhronizacioni signali

EX – organ za izvlačenje ss

GR_o – generator osnovnog ritma

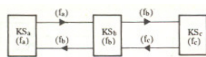
ME_{sh} – bafer memorija za sinhronizaciju

KP – komutaciono polje

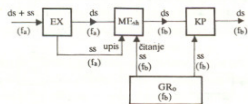
Sinhronizacija digitalnih komutacionih sistema

Klizanje sinhronizacije

- karakteristično za sve digitalne sisteme kod kojih se razlikuju primljeni i sopstveni ritam sinhronizacije
- dešava se periodično sa periodom koja zavisi od toga koliko se razlikuju pomenuti ritmovi sinhronizacije
- prihvatljivi nivoi greške su 80 (lokalne), odnosno 18 (tranzitne) u periodu od 1000h (0.09% od uspešno obavljenih najmanje 20000 poziva)



(a)



(b)

Značenje oznaka:

KS_a, KS_b, KS_c – komutacioni sistemi

f_a, f_b, f_c – ritmovi sinhronizacije

ds – signali digitalizovane korisničke poruke

ss – sinhronizacioni signali

EX – organ za izvlačenje ss

GR_o – generator osnovnog ritma

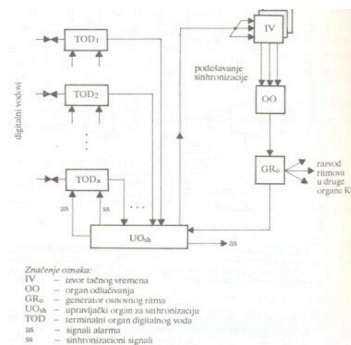
ME_{sh} – bafer memorija za sinhronizaciju

KP – komutaciono polje

Sinhronizacija digitalnih komutacionih sistema

Organi za sinhronizaciju u digitalnom komutacionom sistemu

- kao izvori tačnog vremena se koriste oscilatori na bazi temperaturno kontrolisanog kvarca, tačnosti 10^{-6} do 10^{-8}
- nacionalni referentni standardi počivaju na atomskim izvorima tačnog vremena, tačnosti 10^{-12}
- ima više izvora tačnog vremena, od čijih izlaza izbor pravi organ odlučivanja koji pobuđuje generator osnovnog ritma
- sinhronizacija dolaznih digitalnih vodova se obavlja pomoću upravljačkog organa za sinhronizaciju u kome se obrađuju rezultati odstupanja dolaznih i lokalnih ritmova



Udaljeni komutacioni blok (udaljeni pretplatnički stepen)

Opšte

- osnovni zadatak lokalnih administracija je planiranje mreže
- digitalna komutacija i digitalan prenos nude fleksibilne mogućnosti, od kojih je najvažnija udaljeni komutacioni blok
- Da li do udaljene lokacije voditi korisničke linije ili definisati manji komutacioni čvor?
- To se postiže postavljanjem korisničkog bloka na lokaciji novog čvora, pri čemu je on sa matičnim sistemom spregnut digitalnim vodovima
- koncentracija/ekspanzija (udaljeni linijski koncentrator)
- lokalna komutacija (udaljeni komutacioni blok)

Udaljeni komutacioni blok

Principi organizacije

- problemi prekida digitalnih vodova
- organ izolacije
- upravljanje na daljinu (signalizacija po zajedničkom kanalu) sa izuzetkom dodatnih specifičnih funkcija
- izuzimaju se funkcije tarifiranja i administracije
- lokalno testiranje ispravnosti korisničkih linija čiji se rezultati šalju signalizacijom matičnoj centrali
- kapaciteti zavise od ekonomske analize i obično se kreću od nekoliko stotina do nekoliko hiljada
- Rastojanje od lokalne centrale je obično ograničeno na 30km

