

**KOMUTACIONI SISTEMI**  
**– Poglavlje 5 –**

## 5 Prenosnički blok

Prenosnički blok predstavlja deo centrale gde se preko prenosničkog razdelnika (PR) priključuju druge centrale kao i korisnici koji imaju veće protoke (ISDN primarni korisnici, kućne telefonske centrale). Preko ovog bloka se centrala uključuje u javnu telefonsku mrežu. Pod vezom dve centrale podrazumevamo četiri vrste veza:

- Govorne veze preko kojih se prenosi korisnički signal tipično govor, ali i podaci.
- Signalizacione veze preko kojih se prenosi signalizacija između centrala koja je neophodna radi razmene informacija između centrala u cilju opsluživanja korisničkih veza (npr. za zauzimanje govornog kanala u procesu uspostave veze koja nije lokalna). Postoje raznovrsne signalizacije koje se koriste u komunikaciji između centrala, ali danas je najzastupljenija signalizacija No.7 koju moraju podržavati sve moderne centrale. Preko signalizacionih veza u stvari komuniciraju upravljački blokovi u centralama koje međusobno razmenjuju signalizaciju.
- Sinhronizacione veze preko kojih se vrši sinhronizacija između centrala.
- Veze za upravljanje i nadgledanje koje se koriste za menadžment u telefonskim mrežama. Na primer, generisanje alarma da bi se obavestila suprotna centrala o gubitku sinhronizacije sa njom.

Prenosnički blok je vezan govornim kanalima sa blokom komutacije, a kontrolnim linijama sa upravljačkim blokom radi kontrole komunikacije sa drugim centralama (upravljački blokovi su ti koji međusobno komuniciraju preko signalizacije između centrala), ali i zbog spuštanja softvera (prilikom inicijalizacije sistema) koji se izvršava na prenosničkom bloku.

Između centrala se definišu prenosnički interfejsi koji definišu sisteme za prenos koji se koriste za povezivanje centrala. Npr. ukoliko se koriste stari analogni FDM (frekvencijski multipleks) sistemi definiše se tzv. C-interfejs. Ukoliko se za povezivanje centrala koristi E1-PCM multipleks sa 30 govornih kanala + 2 kanala definiše se A-interfejs. Za povezivanje centrala se mogu koristiti i SDH sistemi, radio-relejne veze, itd.

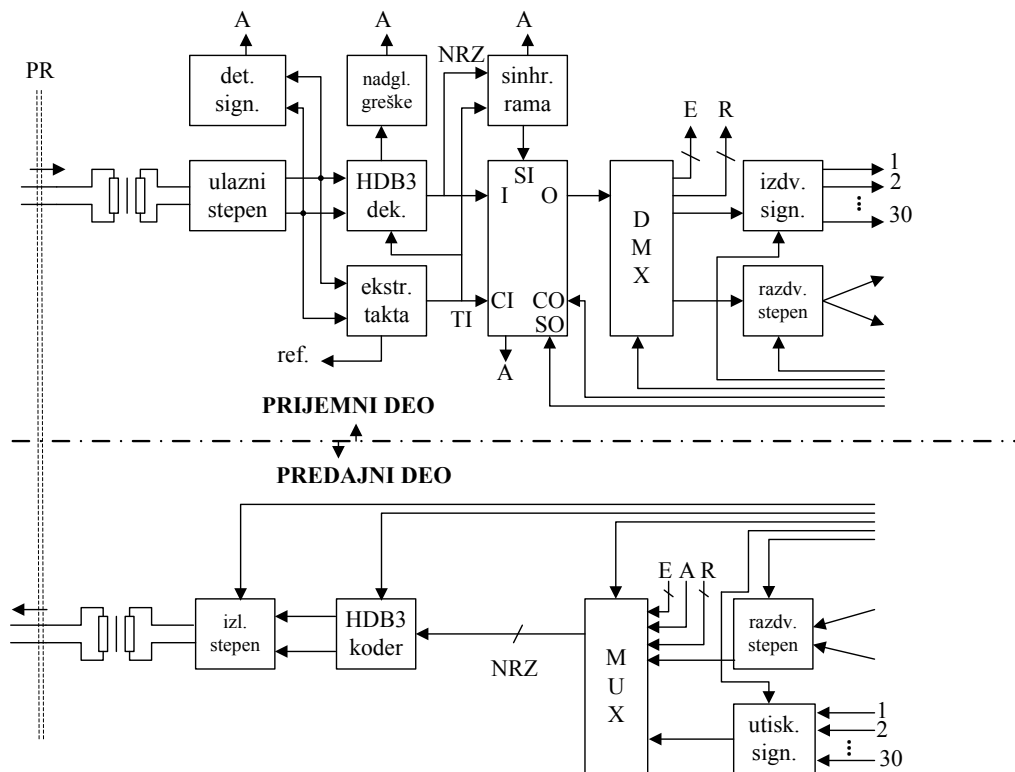
Funkcije prenosničkog bloka, koji još nazivamo i prenosnik, možemo podeliti na tri grupe:

- Prilagođenje govornih signala – Govorni signali, koji se sa komutacionog polja prosleđuju ka prenosniku i potom dalje ka drugoj centrali, se moraju prilagoditi sistemu koji se koristi za prenos između centrala (FDM, E1-PCM...), a u suprotnom smeru se oni moraju izvući i pretvoriti u interni oblik koji se koristi u centrali za prenos govornih signala.
- Pihvatanje i utiskivanje signalizacije – Pošto preko prenosničkog interfejsa, razmenom signalizacije, međusobno komuniciraju upravljački blokovi dveju centrala, ova funkcija podrazumeva da prenosnik primljene signalizacione poruke od svog upravljačkog bloka prevodi u format signalizacije koji se koristi preko prenosničkog interfejsa, a u suprotnom smeru primljenu signalizaciju prevodi u interni format koji se koristi u centrali.

- Sinhronizacija svih prenosničkih interfejsa – Ova funkcija obezbeđuje vremenske i frekvencijske usaglašenosti na prenosnim sistemima između posmatrane centrale i drugih centrala da bi se postigla sinhronizacija celokupne telefonske mreže, a samim tim i smanjenje broja preskoka koji degradiraju kvalitet prenosa između centrala.

## 5.1. Blok-šema prenosnika

Blok-šema prenosnika je data na slici 5.1.1.



Slika 5.1.1. Blok-šema prenosnika

Kao što se i vidi sa slike 5.1.1, razlikujemo dva dela, predajni i prijemni deo.

### Prijemni deo:

- Ulazni stepen – Služi da primi signal koji je došao sa prenosničkog razdelnika (PR) i transformatora i da ga pojača. Izlazi ovog bloka su dva izlaza: jedan izlaz sa 'pozitivnim' i jedan izlaz sa 'negativnim' impulsima (HDB3 kod). HDB3 kod je objašnjen u sekciji 5.1.1.
- HDB3 dekoder – Od primljenih 'pozitivnih' i 'negativnih' impulsa tj. primljenog HDB3 koda formira NRZ (*Non Return to Zero*) kod tj. impulse (originalan signal).
- Blok za ekstrakciju takta – Ovaj blok izvlači takt iz primljenog (HDB3 kodiranog) signala (koji je prošao kroz ulazni stepen i pretvoren je u 'pozitivne' i 'negativne' impulse) i time regeneriše takt centrale sa kojom je vezan preko prenosnika.

Regenerisani takt se koristi za upis primljenih podataka u elastičnu memoriju, a eventualno se koristi i kao referenca za generisanje takta same centrale što je objašnjeno u sekciji 5.3.3. Pod primljenim podacima podrazumevamo signale koji se prenose govornim, signalizacionim, sinhronizacionim vezama, kao i vezama za nadgledanje i upravljanje.

- Blok za detekciju signala – Koristi se za detekciju signala (da li signal postoji ili ne). Ako se ne detektuje prisustvo signala generiše se alarm (A) koji alarmira centralu da nema signala sa dotične prenosničke veze čime se zna da je izgubljena veza sa centralom na drugom kraju prenosničke veze.
- Blok za nadgledanje grešaka – Jedan izlaz sa HDB3 dekodera se vodi na ovaj blok da bi se nadgledalo da li je bilo grešaka pri prenosu ili ne. Pod greškama se podrazumeva narušenost pravila HDB3 koda. Ukoliko se detektuje greška pri prenosu generiše se alarm (A) koji signalizira centrali da je bilo grešaka u prenosu.
- Blok za sinhronizaciju rama – Ovaj blok služi za detekciju početka rama i vrši sinhronizaciju na ram struktura koje se primaju. Ovo je neophodno da bi se znala tačna pozicija svakog bita u ramu (pozicije govornih kanala, signalizacionih informacija i dr), jer bi u suprotnom primljeni signal bio beskoristan. Ukoliko dođe do gubitka sinhronizacije onda se generiše alarm (A) da je izgubljena sinhronizacija rama. Tada se mora pokrenuti postupak hvatanja sinhronizacije rama da bi prenosnik ponovo bio sinhronizovan na ram.
- Elastična memorija – Ulaz *I* predstavlja ulaz za signal (informaciju) koji se prima i učitava u ritmu takta koji generiše blok za ekstrakciju takta (u stvari u ritmu takta druge centrale, što je logično jer je ta centrala i formirala signal). Ono što je bitno napomenuti je da rad prijemnog dela prenosnika do upisa u elastičnu memoriju diktira takt iz druge centrale koji je reprodukovan u bloku za ekstrakciju takta, a nadalje se radi u ritmu lokalnog takta centrale. Izlaz *O* predstavlja izlaz elastične memorije gde izlazi signal (informacija) koji je bio primljen u elastičnu memoriju u ritmu takta druge centrale. *CI* i *CO* predstavljaju ulaze za taktove koji diktiraju upis odnosno čitanje iz elastične memorije. Vidimo da upis u elastičnu memoriju diktira takt iz druge centrale, a čitanje lokalni takt centrale. U slučaju da dođe do preskoka ili duplog čitanja, u elastičnoj memoriji se generiše alarm (A) koji obaveštava centralu o tom događaju. Cilj elastične memorije je da kompenzuje razlike u taktovima dveju centrala i time smanji učestalost pojave preskoka.
- Demultiplekser (DMX) – Demultiplekser vrši demultipleksiranje primljenog signala i izdvaja: rezervisane bite (R), bite za identifikaciju greške na suprotnom kraju (E) (greška se desila u prenosu od posmatrane centrale ka drugoj centrali i to nam druga centrala saopštava preko ovih bita), govorne kanale i signalizacioni kanal.
- Razdvojni stepen razdvaja govorne kanale ka komutacionom polju. U slučaju digitalnih komutacionih polja razdvojni stepen u stvari formira interno definisanu

(korišćenu) PCM strukturu koju prihvata na svojim ulazima/izlazima komutaciono polje.

- Blok za izdvajanje signalizacije izdvaja signalizaciju za govorne kanale. **Ovaj blok se koristi samo kod signalizacije po pridruženom kanalu, a kod signalizacije po zajedničkom kanalu se ne koristi ovaj blok.** U slučaju signalizacije po zajedničkom kanalu se signalizacioni kanal direktno vodi na blok za obradu signalizacije ili se vodi (zajedno sa govornim kanalima) na komutaciono polje gde se taj kanal komutira ka bloku za obradu signalizacije. Koja varijanta će se koristiti u slučaju signalizacije po zajedničkom kanalu zavisi od izbora proizvođača centrale.

### ***Predajni deo:***

- Blok utiskivanje signalizacije – Koristi se za utiskivanje signalizacije za govorne kanale ako se koristi signalizacija po pridruženom kanalu, a ako se koristi signalizacija po zajedničkom kanalu onda se ovaj blok ne koristi, već se signalizacija direktno vodi na multiplekser (ili se signalizacija nalazi u internom PCM signalu iz komutacionog polja zajedno sa govornim signalima - korišćena varijanta zavisi od proizvođača centrala).
- Razdvojni stepen – Grupiše govorne signale sa komutacionog polja ka multiplekseru. U slučaju digitalnih komutacionih polja na razdvojni stepen u stvari dolazi interni PCM signal (koji sadrži govorne signale i eventualno signalizaciju po zajedničkom kanalu) sa odgovarajućeg izlaza komutacionog polja.
- Multiplekser – Vršiti multipleksiranje signala:  $A$  – da se alarmira druga centrala,  $R$  – rezervni biti,  $E$  – da se obavesti druga centrala da je bilo grešaka pri prenosu u smeru od druge centrale ka posmatranoj centrali, govornih kanala (signala) i signalizacije. Na izlazu imamo multipleksiran signal (ram) koji koristi NRZ kod.
- HDB3 koder – Kodira multipleksirani signal koji je NRZ kodiran u HDB3 kodiran signal.
- Izlazni stepen – Vršiti prilagođenje signala na liniju.

Napomena: Predajni deo radi u potpunosti u ritmu lokalnog takta centrale.

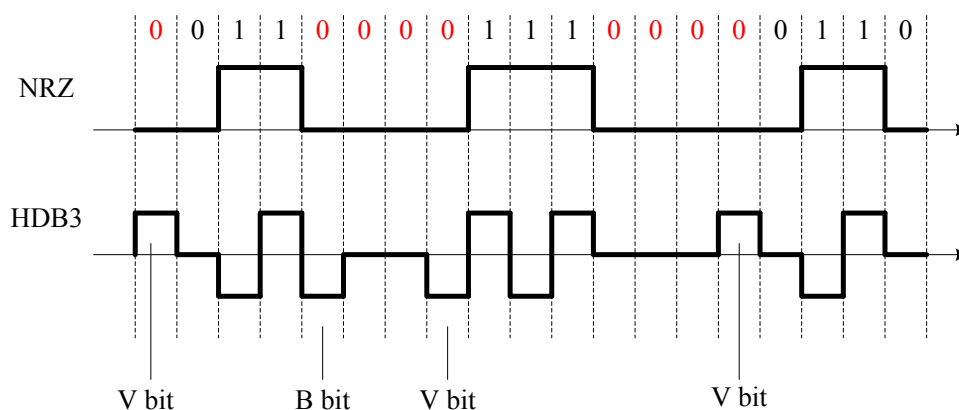
#### **5.1.1. HDB3 kod**

Linijski kodovi koji se koriste u povezivanju centrala moraju da ispune dva veoma važna uslova. Prvi uslov je da linijski kod nema jednosmernu (DC) komponentu. Ovaj uslov je bitan sa stanovišta integriteta signala. Naime, većina vodova imaju određene kapacitivnosti, pa u slučaju kada linijski kod ima DC komponentu, DC komponenta ne može da prođe kroz vodove sa kapacitivnošću i time dolazi do degradacije signala. Degradacija se pre svega ogleda u činjenici da u slučaju kada signal postavi naponski nivo dovoljno dugog trajanja (dovoljno dug niz 0 ili 1), tada na prijemu dolazi (čak i u idealnim uslovima bez šuma) do postepenog rasta ili opadanja nivoa signala. Drugi uslov za linijski kod je da se u svim situacijama generiše dovoljan broj tranzicija signala da bi na prijemu mogao da se regeneriše takt koji je korišćen za kreiranje signala. U prevodu potrebno je detektovati duge nizove 0 ili 1 koji mogu da dovedu do dugih perioda bez tranzicije, a koji opet dovode do nemogućnosti regenerisanja takta. Detektovane

duge nizove 0 ili 1 je potom potrebno na unapred definisan način modifikovati tako da se ipak i u takvim situacijama postignu tranzicije signala koji je linijski kodiran.

HDB3 kod spada u linijske kodove i ispunjava oba navedena uslova. HDB3 kod je bipolaran kod što znači da za prenos 1 koristi dva naponska nivoa (pozitivan i negativan). Pri tome se naponski nivo pri prenosu 1 uvek obrće (ako je prethodna jedinica prenesena sa pozitivnim znakom, sledeća će biti sa negativnim znakom). Ovakav princip omogućava potiskivanje DC komponente u HDB3 kodu. Takođe zbog obrtanja znaka pri prenosu susednih jedinica, dug niz jedinica ne predstavlja problem jer se uvek javljaju tranzicije signala. Međutim, to nije slučaj sa prenosom 0, pa je stoga potrebno potisnuti duge nizove 0. Da bi se potisnuo dug niz 0, a istovremeno zadržalo svojstvo odsustva DC komponente koriste se dva pravila:

- U nizu od četiri uzastopne 0, poslednja 0 u tom nizu se menja sa tzv. V (*Violation*) bitom, pri čemu V bit ima isti nivo kao poslednja poslata 1 (ne uzima se u obzir V bit, već regularna 1).
- Ako je broj regularnih 1 između V bita koji se utiskuje i prethodnog V bita paran, tada se prva 0 u nizu od četiri uzastopne 0 menja sa tzv. B (*Balancing*) bitom. Vrednost B bita ima suprotnu vrednost od poslednje poslate 1, tj. B bit se računa kao da je u pitanju regularna 1. Nakon utiskivanja B bita se primenjuje prethodno pravilo, pa će utisnuti V bit imati isti polaritet (znak) kao i B bit, jer se B bit računa kao regularna 1.



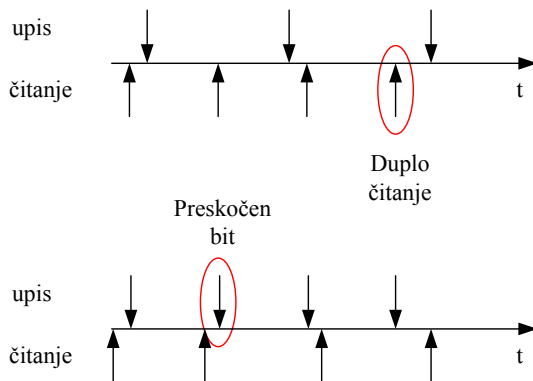
Slika 5.1.1.1. HDB3 kod - utiskivanje V bita

Na slici 5.1.1.1 je prikazan primer sa oba slučaja utiskivanja V bita. Kao što vidimo za prvi slučaj četiri uzastopne 0 (drugi V bit po redu na slici), između prvog i drugog V bita postoje dve 1 tj. paran broj 1. To znači da se utiskuje i B bit koji se u stvari ponaša kao regularna 1, što se i vidi sa slike 5.1.1.1. Utiskivanjem i B bita se postiže da utisnuti V bit ima suprotnu vrednost od prethodnog V bita. U drugom slučaju četiri uzastopne 0 imamo neparan broj 1 pa nema potrebe za utiskivanjem B bita, jer će utisnuti (treći V bit) V bit imati suprotnu vrednost od prethodnog V bita (drugi V bita). Ideja je da V biti uvek imaju suprotnu vrednost da bi i dalje DC komponenta bila potisnuta. V bit obezbeđuje da se u nizu pojave maksimalno tri uzastopne 0, što omogućava pouzdanu rekonstrukciju takta na prijemu. Rekonstrukcija NRZ koda na prijemu je jednostavna. Svaki put kad se detektuju uzastopna dva pozitivna ili negativna nivoa signala (pod uzastopnim podrazumevamo da ne uzimamo u obzir nula nivo), znači da se naišlo na V bit i da je u pitanju bit sa vrednošću 0. Pri tome, ako je u tom detektovanom nizu od četiri uzastopne 0, prvi bit takođe sa pozitivnim ili negativnim nivoom tada je u pitanju B bit i on se

takođe tumači kao originalni 0 bit. Takođe, na ulaz HDB3 dekodera (slika 5.1.1) se vode samo linije sa pozitivnim i negativnim impulsima, dok se nula nivo ne vodi na dekodera, jer nema potrebe za tim. Naime, ako i pozitivna i negativna linija imaju neaktivne vrednosti u pitanju je naponski nivo 0.

## 5.2. Elastična memorija

Kao što smo videli sa blok-šeme prenosnika sa slike 5.1.1, srce prijemnog dela čini elastična memorija. Svaka centrala radi u ritmu svog 'lokalnog' takta (u narednim sekcijama videćemo kako se on generiše). Međutim, kad se prima signal od druge centrale taj signal dolazi u ritmu 'lokalnog' takta te druge centrale. Usled postojanja ova dva takta, prilikom prijema se javlja nekoliko problema. Prvi problem je što 'lokalni' taktovi dveju centrala koje međusobno komuniciraju nisu u potpunosti usaglašeni jer, iako imaju iste vrednosti frekvencije oscilovanja, usled konačne tačnosti (tehnoloških ograničenja) uvek postoji mala razlika među njima. Otuda, dugoročno gledano, usled razlike u taktovima (ma kako ona mala bila) dolazi do pojave preskoka koji se manifestuje ili u duplom čitanju nekog bita ili u potpunom preskoku nekog bita (bit se uopšte ne pročita). Duplo čitanje se javlja kad je 'lokalni' takt centrale koja prima brži od 'lokalnog' takta centrale koja šalje, a preskok bita se javlja u suprotnom slučaju. Ova dva slučaja su prikazana na slici 5.2.1.

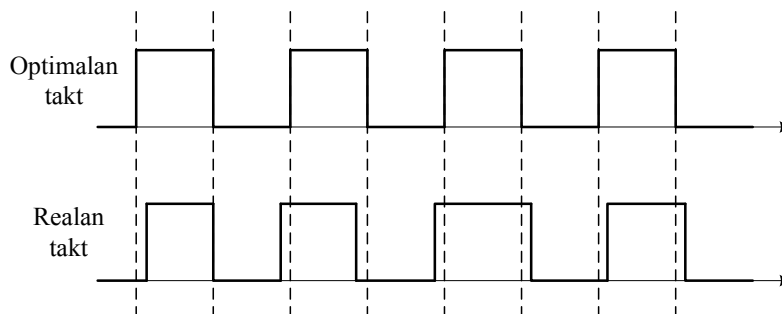


Slika 5.2.1. Tipovi preskoka

Kao što se vidi, duplo čitanje se javlja usled toga što je 'lokalni' takt centrale koja prima nešto brži, pa se otud desi da pre nego što 'lokalni' takt centrale koja šalje pošalje novi bit, centrala koja prima pročita ponovo isti bit. Preskok bita se javlja usled činjenice da je centrala koja šalje, usled bržeg 'lokalnog' takta, postavila novi bit pre nego što ga je centrala koja prima očitala. Očigledno, što je manja razlika u frekvencijama 'lokalnih' taktova to će ređe da dolazi do pojave preskoka.

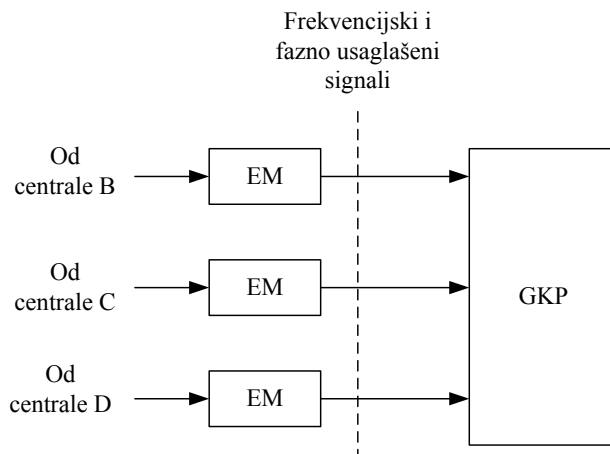
Drugi problem je što kašnjenje kroz liniju varira usled promenljivih uslova na prenosnim medijumima, pa se tako prividno javlja Doplerov efekat, odnosno centrala koja prima signal ima utisak da 'lokalni' takt centrale koja šalje varira pa i to dovodi takođe do opasnosti od preskoka. Ove promene su spore, ali dugotrajne jer su promene uslova okoline takvog karaktera (spore i dugotrajne) i ova pojava se još naziva i vonder (*wander*). Vonder je niskofrekventna pojava (manje od 10Hz). Pored toga sami taktovi nisu stabilni tj. njihove ivice podrhtavaju oko optimalnih pozicija - pojava tzv. džitera (*jitter*). Džiter predstavlja brze i kratkotrajne promene u vrednosti takta koje se ogledaju u malim odstupanjima ivica takta oko optimalne pozicije (slika

5.2.2). Džiter je posledica nesavršenosti PLL-ova, oscilatora, kao i postupaka regenerisanja taktova, multipleksiranja i demultipleksiranja signala. Džiter je visokofrekventna pojava (veća od 10Hz, tipično do nekoliko kHz). U suštini, i džiter i vonder izazivaju podrhtavanje ivica takta tj. odstupanja ivica takta oko optimalne vrednosti, a razlika je samo u frekvenciji ove pojave podrhtavanja, pri čemu je granica između pojava džitera i vondera postavljena na 10Hz. Džiter i vonder bi dovodili do pojave preskoka čak i kad bi oba 'lokalna' takta imala potpuno iste vrednosti.



Slika 5.2.2. Podrhtavanje ivica takta oko optimalnih pozicija

Pored ovoga, centrala je tipično povezana sa više od jedne centrale. Primljeni signali od sviju centrala moraju da se frekventijski i fazno usaglaise po prijemu da bi se mogli prenositi dalje kroz centralu tj. njeno komutaciono polje (slika 5.2.3), a pri tome se primljeni signali od sviju centrala međusobno razlikuju po 'lokalnim' taktovima usled konačne tačnosti tih taktova, a takođe i karakteristike i uslovi prenosnih medijuma se razlikuju (npr. dužina medijuma koja zavisi od međusobnog rastojanja centrala).



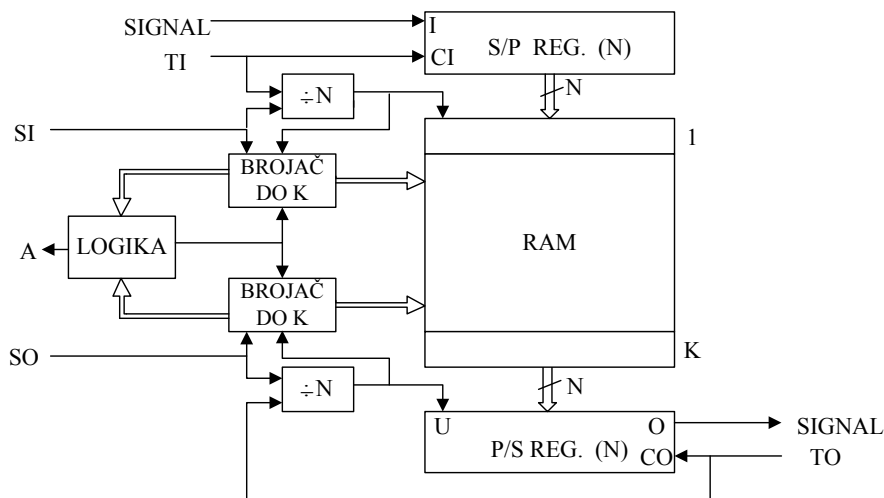
Slika 5.2.3. Frekvencijsko i fazno usaglašavanje signala od drugih centrala

Zbog svega navedenoga se mora koristiti elastična memorija koja se može shvatiti kao linija za kašnjenje koja menja vrednost kašnjenja i time se prilagođava svim navedenim potencijalnim uzrocima preskoka i što je više moguće minimizira pojavu preskoka tj. ona služi da se ova pojava što ređe javlja. Preskok će se uvek javljati, ali upotrebom elastične memorije se povećava vreme između dva preskoka i time se preskoci ređe javljaju. Blok-šema elastične memorije je data na slici 5.2.4.

Signal koji se prima se serijski upisuje u jedan S/P (serijski upis/paralelno čitanje) registar koji ima N pozicija (bita). Upis se vrši u ritmu takta TI – 'lokalni' takt centrale koja je



poslala ovaj signal, a njen 'lokalni' takt se izvukao u bloku za ekstrakciju takta u prijemnom delu prenosnika. Istovremeno sa serijskim upisom informacije u S/P registar, takt TI se vodi na blok N koji je brojač po modulu N. Kad ovaj brojač odbroji do N onda je S/P registar popunjen novim sadržajem pa se generiše signal koji sadržaj S/P registra upisuje u elastičnu memoriju koja se sastoji od K registara svaki od po N bita. Takođe se istovremeno inkrementira odgovarajući brojač po modulu K koji ukazuje na poziciju gde će se izvršiti sledeći upis. Slično radi i čitanje iz elastične memorije. Na izlazu imamo jedan P/S registar (paralelni upis/serijsko čitanje) iz kog se serijski čita u ritmu 'lokalnog' takta centrale TO. Ovaj registar je takođe dužine N. Ovom registru je pridružen odgovarajući brojač po modulu N i kad se pročita svih N bita iz P/S registra ovaj brojač dostigne u tom trenutku vrednost N i tada se generiše signal kojim se vrši čitanje iz lokacije elastične memorije na koju ukazuje odgovarajući brojač po modulu K koji je pridružen izlazu i taj sadržaj se upiše u P/S registar, a zatim se inkrementira sadržaj brojača K da bi se pokazalo na sledeću lokaciju sa koje će se čitati. Kada se oba brojača po modulu K poklope tj. pokažu na istu lokaciju onda znači da će doći do preskoka i zato je uvedena logika koja prati stanja oba brojača po modulu K da bi detektovala takvu situaciju. Čim se takva situacija detektuje odmah se generiše alarm. Ulaze SI i SO centrala koristi da bi postavila u odgovarajuće položaje brojače po modulu K i N nakon detekcije da će doći do preskoka. Kad se detektuje da će doći do preskoka preskače se celokupni sadržaj elastične memorije. Kapacitet elastične memorije se projektuje s jedne strane tako da se minimizuje učestanost preskoka na željenu meru (prvi uslov), a s druge strane pošto se preskače cela elastična memorija kad dođe do preskoka onda se ona projektuje da njen kapacitet bude celobrojan umnožak broja bita u ramu (drugi uslov) jer time se preskače ceo broj ramova i vraćamo se na istu poziciju u ramu gde smo bili pre preskoka čime ne gubimo sinhronizaciju rama. Ovo je urađeno iz razloga što ako se izgubi sinhronizacija rama proces uspostave sinhronizacije rama traje 100-200ms čime bi izgubili znatno više ramova nego što je kapacitet elastične memorije koji u stvari odgovara broju ramova koji će se preskočiti prilikom preskoka. Pri tome se bira minimalni broj koji zadovoljava oba uslova, jer što je veći kapacitet elastične memorije unosi se veće kašnjenje.



Slika 5.2.4. Blok-šema elastične memorije

**Primer.** Prijem primarnog PCM (E1-PCM) signala ostvaruje se plesiohrono pri čemu je dozvoljeno da dođe do jednog preskoka u toku 24h.

a) Odrediti potrebne tačnosti oscilatora na predaji i prijemu.

b) U slučaju da su na raspolaganju oscilatori tačnosti  $A = 10^{-9}$  odrediti potreban kapacitet elastične memorije.

**Rešenje:**

a) Bitski protok primarnog PCM signala je  $v_b = 32 \cdot 8 \cdot 8 \text{ KHz} = 2048 \text{ Kb/s}$ , pa su potrebni oscilatori sa frekvencijom  $F_B = 2048 \text{ KHz}$ .

Maksimalan broj preskoka koji se dese u intervalu  $T$  je dat sa:

$$\Delta P = \Delta F \cdot T$$

$$\Delta F = (1 + A_{OSC})F_B - (1 - A_{OSC})F_B = 2A_{OSC}F_B$$

gde je  $\Delta F$  maksimalna apsolutna razlika frekvencija upisa i čitanja bita. Prema uslovu zadatka  $\Delta P = 1 \text{ bit}$ , a  $T = 24 \text{ h}$ , pa potrebna tačnost oscilatora u centrali iznosi:

$$A_{OSC} = \frac{\Delta F}{2F_B} = \frac{\Delta P}{2F_B T} = 2.825 \cdot 10^{-12}.$$

b) Sada se posmatra slučaj da je tačnost oscilatora  $A_{OSC} = 10^{-9}$ , pa je maksimalan broj preskoka u toku 24h jednak  $\Delta P = 2A_{OSC}F_B T = 353.9$  bita, tj. za dan se dogodi 354 preskoka u najgorem slučaju. Ako se koristi elastična memorija kapaciteta  $C_{el} \geq \Delta P$  obezbeđeno je da se dešava najviše 1 preskok u toku 24h, ali je moguće da dođe do gubitka sinhronizacije rama. Međutim, ako se dodatno uzme uslov  $C_{el} = k \cdot C_{ram}$  ( $C_{ram} = 32 \cdot 8 = 256 \text{ bita}$ ) pri preskoku će se gubiti (ili duplirati)  $k$  ramova, pa neće doći do gubitka sinhronizacije rama. Na osnovu prethodnog potrebno je koristiti elastičnu memoriju kapaciteta  $C_{el} = 512 \text{ bita}$ . Memorije većeg kapaciteta nisu pogodne jer uzrokuju veće kašnjenje.

### 5.3. Sinhronizacija generatora takt signala (oscilatora) u centrali

Svaka centrala u telefonskoj mreži ima svoj lokalni izvor takta (oscilator). Svaki oscilator se karakteriše parametrom  $A$  koji predstavlja tačnost oscilatora i definiše se kao:

$$A = \frac{|\Delta f|}{f} \quad (5.3.1)$$

gde je  $f$  frekvencija oscilatora, a  $\Delta f$  maksimalno odstupanje frekvencije oscilatora od deklarisanе vrednosti  $f$ . Idealno bi bilo kad bi sve centrale imale istu vrednost frekvencije oscilatora i kad bi taktovi bili i fazno usaglašeni. Međutim, to nije moguće pre svega zbog konačne tačnosti oscilatora (ali i drugih razloga opisanih u potpoglavlju 5.2). Zbog konačne tačnosti oscilatora se ne može postići da svi lokalni oscilatori u centralama imaju istu frekvenciju oscilovanja. Iz tog razloga se u telefonskoj mreži pri prenosu između centrala javljaju preskoci. Da bi se preskoci sveli na minimalnu moguću meru pre svega se koriste veoma precizni oscilatori ( $A \approx 10^{-11}$ ) i vrši se sinhronizacija oscilatora u telefonskoj mreži. Svaka zemlja ima svoju nacionalnu telefonsku mrežu, a u okviru nje se koristi primarni izvor učestanosti (oscilator na bazi cezijuma ili rubidijuma sa  $A \approx 10^{-11}$ ). Korišćenjem primarnog izvora učestanosti se

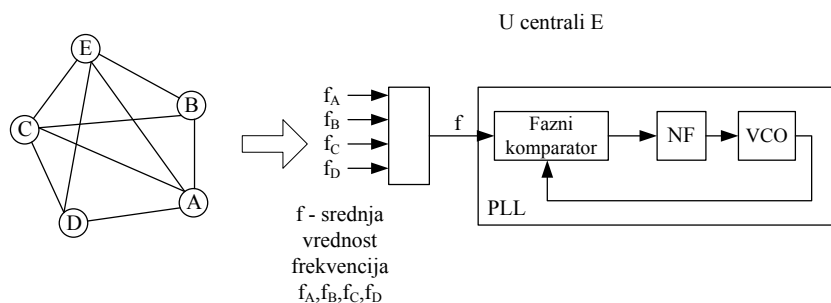
postiče da se preskok na nivou bita javlja u proseku svakih 6.78h, odnosno preskok čitavog E1-PCM rama (256 bita) se javlja svakih otprilike 70 dana (mora da se koristi elastična memorija od 256b da bi se desio jedan preskok, a ne 256 preskoka u tih 70 dana). Ovi oscilatori se koriste za ostvarivanje međunarodnih veza i ovo je plesiohrona metoda sinhronizacije i kod nje u suštini svaka centrala radi sa svojim lokalnim taktom. Znatno naprednije su sinhronne metode sinhronizacije koje se koriste u okviru nacionalnih telefonskih mreža i one obezbeđuju da se sve centrale sinhronišu na istu srednju frekvenciju. Razlog zašto se sinhronne metode ne koriste u međunarodnim vezama (veze između nacionalnih telefonskih mreža) je taj što bi jedna zemlja diktirala drugoj zemlji sinhronizaciju tj. takt što naravno nije poželjno jer svaka nacionalna telefonska mreža predstavlja važan deo telekomunikacione strukture svake zemlje i samim tim se ne sme dovoditi u zavisn položaj. Postoji više tipova sinhronih metoda sinhronizacije:

- Metode demokratskog karaktera
- Metode despotskog karaktera
- Hibridne metode
- Metode sa zajedničkom spoljašnjom referencom

### 5.3.1. Metode demokratskog karaktera

#### 5.3.1.1. Metoda uzajamne sinhronizacije sa jednostrukim vezama

Kod ovog metoda svaka centrala kreira sopstveni referentni takt na osnovu vrednosti referentnih taktova svih ostalih centrala u mreži (slika 5.3.1.1.1). Na ulaz PLL-a (*Phase Locked Loop*) se dovode referentni taktovi ostalih centrala u mreži (ne mora od svih centrala iz mreže, ali je ipak veoma poželjno). Na ovaj način dobijamo slučaj gde svaka centrala deluje na svaku centralu (distribuiran sistem sa povratnom spregom), i frekvencija takta svih centrala osciluje oko neke zajedničke srednje vrednosti.



Slika 5.3.1.1.1. Metoda uzajamne sinhronizacije jednostrukim vezama

Ova metoda je izuzetno robusna i pouzdana jer mreža zadržava sinhronizaciju i u slučaju ispada (kvara) pojedinih centrala ili linkova. Veliki nedostatak je mala skalabilnost jer ova metoda nije pogodna za velike mreže. Pored toga ove mreže su i veoma skupe jer moraju da implementiraju efikasne metode za nadgledanje i kontrolu stanja sinhronizacije u mreži. Naime, usled kvara pojedinih linkova ili centrala može doći do toga da sistem zaosciluje i postane nestabilan, pa je tada neophodno aktivirati zaštitne mehanizme koji će izvući mrežu iz ovakvog nestabilnog stanja. Još jedna mana je i spora konvergencija sistema u stabilno stanje u kome sve centrale imaju stabilizovani sopstveni takt. Usled navedenih mana primena ove metode je ograničena na male mreže koje zahtevaju visoku robusnost i pouzdanost (tipična primena ove

metode je u vojne svrhe gde je veoma bitna osobina robusnosti). Ova metoda se ne koristi u telefonskim mrežama, pre svega zbog veličine telefonske mreže.

### 5.3.1.2. Metoda uzajamne sinhronizacije sa dvostrukim vezama

Umesto jednostrukih veza kao u prethodnom slučaju sada imamo dvostruke veze između centrala, tako da svaka centrala može da vrati informaciju o svojoj frekvenciji (praktično svoju frekvenciju) i da vidi kolika je promena čime se dobija dodatna informacija za PLL i time se varijacija oscilovanja frekvencije takta oko srednje vrednosti dodatno smanjuje, ali je cena ovakvog sistema veća jer koristimo dodatne veze. Sve napomene o prednostima i manama su identične kao i kod metode uzajamne sinhronizacije sa jednostrukim vezama.

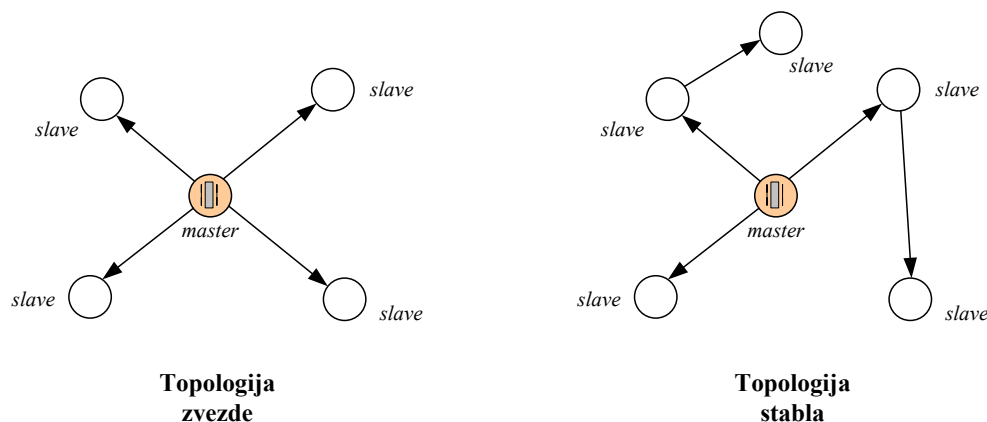
### 5.3.1.3. Metoda težinske uzajamne sinhronizacije

Ova metoda je proširenje prethodno navedene dve metode i podrazumeva da svaka centrala ima svoju težinu, čime se određuje značaj centrale u mreži (tj. njenog referentnog takta). Što je veća težina centrale to je značaj njenog referentnog takta u drugim centralama dominantniji u procesu generisanja referentnog takta tih centrala. Ukoliko su sve centrale iste težine tada ova metoda postaje identična metodi uzajamne sinhronizacije opisanoj u prethodne dve podsekcije.

## 5.3.2. Metode despotskog karaktera

### 5.3.2.1. Master-slave metoda

Kod ove metode se koristi *master* centrala čiji takt diktira rad taktova (PLL-ova) u drugim centralama koje se nazivaju *slave* centrale (*slave* centrale se sinhronišu na takt *master* centrale). *Master* centrala koristi oscilator visoke preciznosti (baziran na cezijumu ili rubidijumu). Koriste se dve topologije u *master-slave* metodi - topologija zvezde i topologija stabla. U topologiji zvezde sve *slave* centrale imaju direktnu vezu sa *master* centralom, dok u topologiji stabla neke *slave* centrale nisu direktno povezane na *master* centralu, pa posredno (preko drugih *slave* centrala) dobijaju informaciju o taktu *master* centrale. Obe topologije su prikazane na slici 5.3.2.1.1. U slučaju prekida veze sa *master* centralom, *slave* centrala može privremeno preći na rad sa svojim sopstvenim, ali i manje preciznim oscilatorom dok se ponovo ne uspostavi sinhronizacija na *master* centralu. Naravno, u tom slučaju dolazi do češće pojave preskoka pa je poželjno što pre ponovo uspostaviti sinhronizaciju na *master* centralu.

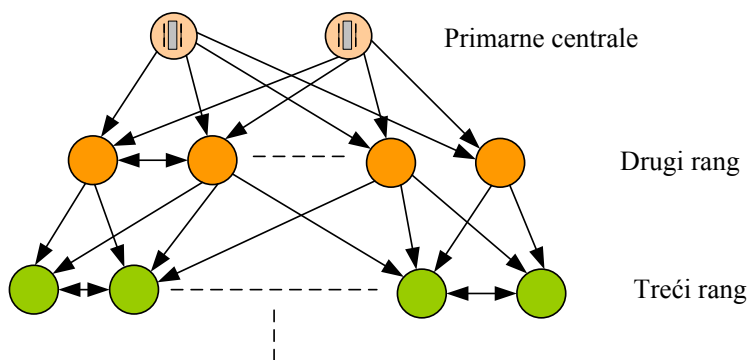


Slika 5.3.2.1.1. Master-slave metoda

Prednost ove metode je što izuzetno efikasno postiže sinhronizaciju u mreži i znatno je ekonomičnija od metoda demokratskog karaktera. Samo *master* centrala treba da koristi izuzetno precizan (samim tim i skup) oscilator, dok *slave* centrale koriste jeftine PLL sklopove i oscilatore. Broj sinhronizacionih veza je znatno manji nego kod demokratskih metoda gde je poželjno da svaka centrala bude povezana sinhronizacionim vezama sa svim drugim centralama, čime je dodatno *master-slave* metoda ekonomičnija u odnosu na demokratske metode. Topologija stabla omogućava i ostvarivanje osobine skalabilnosti, odnosno ova metoda se može koristiti i u velikim mrežama. Naravno, očigledna mana je velika osetljivost mreže na kvar *master* centrale. U slučaju kvara *master* centrale dolazi do gubitka sinhronizacije čitave mreže.

### 5.3.2.2. Hijerarhijska *master-slave* metoda

Ova metoda je proširenje *master-slave* metode i rešava problem pouzdanosti *master-slave* metode kod koje se kvarom *master* centrale gubi sinhronizacija u čitavoj mreži. Kod hijerarhijske *master-slave* metode definiše se više rangova po hijerarhiji. Na najvišem nivou se nalaze primarne centrale kojih ima dve iz razloga pouzdanosti, ako jedna otkáže da u tom rangu ostane još jedna aktivna centrala. Primarne centrale koriste oscilator visoke preciznosti (baziran na cezijumu ili rubidijumu). One diktiraju taktove u centralama sledećeg ranga koje su za njih *slave*. Centrale iz drugog ranga sada predstavljaju *master* centrale za centrale iz trećeg ranga (koje su *slave* za centrale iz drugog ranga) i diktiraju im vrednosti njihovih taktova i tako sve do najnižeg sloja hijerarhije. Očigledno, čak i ako jedan deo mreže izgubi vezu sa primarnim centralama, taj deo mreže može privremeno da uspostavi svoju sinhronizaciju gde bi centrala iz najvišeg ranga tog dela mreže postala privremeno primarna centrala sa svojim oscilatorom. Naravno, pošto je oscilator niže preciznosti preskoci bi ipak bili nešto češći. Takođe treba uočiti sa slike 5.3.2.2.1 da je većina centrala iz jednog ranga vezana na više centrala višeg ranga, a da postoje i veze između centrala istog ranga, čime se postiže visok stepen pouzdanosti i mala verovatnoća da deo mreže ispadne iz sinhronizacije. Ova metoda se danas koristi u telefonskoj mreži, ali i u mnogim drugim mrežama jer ima sve pozitivne osobine *master-slave* metode, pri čemu dodatno još ostvaruje i veću pouzdanost u odnosu na *master-slave* metodu.



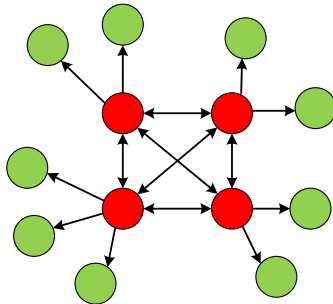
Slika 5.3.2.2.1. Hijerarhijska *master-slave* metoda

### 5.3.3. Hibridne metode

#### 5.3.3.1. Oligarhijska metoda

Hibridne metode kombinuju pristup demokratskih i despotskih metoda. Oligarhijska metoda se zasniva na upotrebi demokratske metode u jezgru mreže gde se nalaze *master* centrale koje se međusobno sinhronizuju koristeći demokratsku metodu uzajamne sinhronizacije (sa

jednostrukim ili dvostrukim vezama). *Master* centrale potom *master-slave* metodom sinhronišu *slave* centrale koje se nalaze na periferiji mreže. Na ovaj način se ostvaruje visoka pozudanost u jezgru mreže gde je manji broj centrala pa se samim tim mogu primeniti demokratske metode, a opet rešenje je ekonomično jer se u najvećem delu mreže ipak koristi ekonomičnija despotska (*master-slave*) metoda. Pri tome, kontrolni i zaštitni mehanizmi u jezgru mreže koji se koriste zbog nadgledanja sinhronizacije (neophodno za demokratske metode) su jednostavniji jer je mali broj centrala u pitanju. Na slici 5.3.3.1.1 je prikazan primer mreže koja koristi oligarhijsku metodu. Crvenom bojom su označene centrale jezgra mreže koje se međusobno sinhronišu metodom uzajamne sinhronizacije, a zelenom bojom su označene centrale na periferiji mreže koje se master-slave metodom sinhronišu na odgovarajuće centrale iz jezgra mreže.



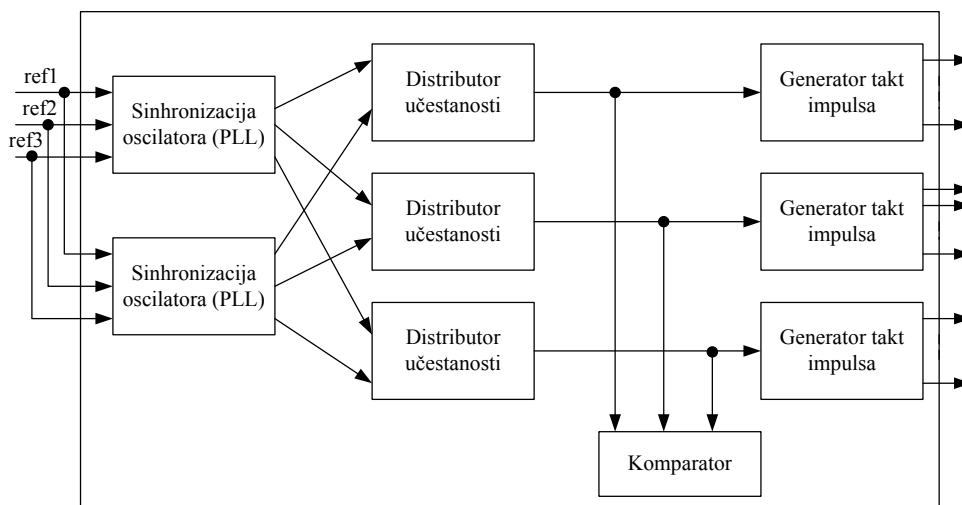
Slika 5.3.3.1.1. Oligarhijska metoda

#### 5.3.4. Metoda sa zajedničkom spoljašnjom referencom

Kod ovog metoda su sve centrale međusobno nezavisne i sve centrale informaciju o taktu dobijaju iz istog izvora preko radio-difuznog ili satelitskog sistema. Danas se to vrši preko GPS sistema koji je izuzetno precizan. Ali ovaj metod se koristi samo kao podrška tj. dodatna referenca jer postoji opasnost od namernog ometanja takvih sistema i time degradacije kvaliteta rada telefonske mreže. Kod GPS sistema je, na primer, problem što je on u vlasništvu Sjedinjenih Američkih Država. Otuda metod sinhronizacije gde se koristi GPS kao jedina referenca nije praktičan jer je ipak moguće namerno slanje loših informacija preko GPS sistema i na taj način se značajno može negativno uticati (degradirati) na rad nacionalnih telekomunikacionih mreža koje predstavljaju vitalan resurs svake države. Takođe, može se uočiti da je metoda sa zajedničkom spoljašnjom referencom gotovo identična *master-slave* metodi, sa jedinom razlikom da izvor referentnog takta ne pripada samoj mreži što je očigledno iz samog naziva metoda.

#### 5.3.5. Konstrukcija generatora takta u telefonskoj centrali

Na slici 5.3.5.1 je prikazana blok-šema dela za generisanje takta u centrali. Ulazi *ref1-ref3* predstavljaju izlaze iz bloka za ekstrakciju takta iz prijemnog dela prenosnika (broj referenci može biti i veći, a u primeru sa slike 5.3.5.1 je prikazana varijanta sa tri reference). Referentni taktovi se vode na PLL koji se sinhronišu na njih i zatim dobijeni takt prosleđuje distributoru učestanosti koji ima svoj PLL i dalje se takt prosleđuje generatoru takt impulsa koji distribuira takt po centrali. Komparator upoređuje izlaze iz distributora učestanosti i bira najbolji koji će se koristiti dalje u centrali. Svi delovi se dupliraju (npr. blok za sinhronizaciju oscilatora na slici 5.3.5.1) ili tripliraju (npr. blok distributor učestanosti na slici 5.3.5.1) iz razloga pouzdanosti, jer je ovaj deo od vrhunskog značaja za ispravan rad centrale.



Slika 5.3.5.1. Generator takta u telefonskoj centrali

## 5.4. Proračun broja govornih kanala između centrala

Na osnovu procene govornog saobraćaja koji treba da se prenese između centrala, kao i dozvoljene verovatnoće odbacivanja poziva usled nepostojanja slobodnog govornog kanala između centrala, proračunava se neophodan broj govornih kanala između centrala. Ukoliko se koriste E1-PCM signali za povezivanje centrala, onda se na osnovu proračunatog broja govornih kanala može izračunati i neophodan broj E1-PCM signala. Prilikom proračuna govornih kanala se razlikuju slučajevi jednosmernih i dvosmernih vodova (govornih kanala) između centrala. Jednosmerni vodovi označavaju da samo jedna od centrala ima pravo zauzimanja govornih kanala (vodova), a dvosmerni vodovi označavaju da obe centrale imaju pravo zauzimanja govornih kanala. Principi jednosmernog i dvosmernog zauzimanja govornih kanala su detaljnije objašnjeni u sledećem poglavlju. Prilikom proračuna se koristi Erlangov model jer je broj korisnika uvek značajno veći od broja govornih kanala između centrala.

Posmatrajmo centrale A i B koje se međusobno povezuju i izvršimo proračun vodova sa stanovišta centrale A. U slučaju jednosmernih vodova, razlikujemo dolazni i odlazni saobraćaj, a isto tako dolazne i odlazne vodove. U slučaju centrale A dolazni saobraćaj je slučaj kada su njeni korisnici traženi, a odlazni saobraćaj je slučaj kada su njeni korisnici pozivajući, pri čemu u oba slučaja korisnici sa centrale A ostvaruju razgovor sa korisnicima sa drugih centrala (lokalne veze ne koriste prenosnički blok). Ako te veze idu preko centrale B, odnosno preko prenosnika koji povezuje centralu A sa centralom B, onda je u pitanju odlazni i dolazni saobraćaj ka centrali B. Odlazni vod za centralu A je onaj vod koji centrala A ima pravo da zauzima, a dolazni vod je onaj vod koji centrala sa suprotne strane ima pravo da zauzima. Očigledno, u vezi sa centralom B, odlazni vod centrale A je dolazni za centralu B, a dolazni vod centrale A je odlazni vod za centralu B. Označimo sa  $A_{odl}$  ukupan odlazni saobraćaj od centrale A ka centrali B, a sa  $A_{dol}$  ukupan dolazni saobraćaj koji dolazi do centrale A od centrale B. Za zadatu verovatnoću gubitka korisnika (poziva), odnosno blokade (u Erlangovom modelu su one iste)  $B$ , može se proračunati potreban broj odlaznih i dolaznih vodova koristeći iterativnu formulu (A.7.13) datoj u prilogu A. Iterativno povećanje broja odlaznih/dolaznih vodova  $m$  za ukupan odlazni/dolazni saobraćaj se vrši sve dok verovatnoća blokade ne bude manja ili jednaka od zadate vrednosti  $B$  tj. dozvoljene verovatnoće blokade (gubitka korisnika tj. poziva).

U slučaju dvosmernih vodova se vrši veoma slična procedura. Umesto da se razmatraju zasebno odlazni i dolazni smerovi, oni se sada posmatraju zajedno jer isti vod može zauzeti bilo koja od dve centrale koje su na krajevima voda. Otuda se posmatra ukupan saobraćaj  $A$  koji je jednak zbiru odlaznog i dolaznog saobraćaja tj.  $A = A_{odl} + A_{dol}$ . Koristi se iterativna formula (A.7.13) na identičan način kao i kod jednosmernih vodova, samo se sada posmatra ukupan saobraćaj  $A$ , pri čemu rezultujući broj vodova odgovara ukupnom broju potrebnih dvosmernih vodova.

Ako postoji i tranzitni saobraćaj, tada se on pridodaje ukupnom saobraćaju u slučaju dvosmernih vodova. U slučaju jednosmernih vodova, tranzitni saobraćaj se deli na dolazni i odlazni smer i oni se pridodaju dolaznom, odnosno odlaznom saobraćaju, respektivno. Ostatak proračuna je i dalje isti.

Uradimo jedan primer sa konkretnim vrednostima. Centrala A je povezana sa centralama C i B. Ukupan broj korisnika na centrali A je 5000. U toku časa najvećeg opterećenja korisnici sa centrale A u proseku pozivaju 2 puta korisnike sa drugih centrala, odnosno, 3 puta primaju poziv od korisnika sa drugih centrala. Pri tome, 20% poziva se ostvaruje sa korisnicima centrale C, 30% poziva se ostvaruje sa korisnicima sa centrale B, a 50% poziva se ostvaruje sa korisnicima drugih centrala. Svi pozivi ka korisnicima drugih centrala (koje nisu B ili C) se rutiraju preko centrale B. Tranzitni saobraćaj od centrale B ka centrali C koji ide preko centrale A je jednak 80E, a u suprotnom smeru je jednak 60E. Dozvoljena verovatnoća gubitka poziva usled nedostatka govornog kanala između centrala je 1%. Potrebno je proračunati broj govornih kanala između centrala A i B, kao i centrala A i C za oba slučaja - jednosmerni i dvosmerni vodovi. Prosečan razgovor traje 90s.

Kao i u ostalim saobraćajnim proračunima posmatra se čas najvećeg opterećenja. Jedan korisnik sa centrale A generiše (nudi) sledeću količinu odlaznog i dolaznog saobraćaja:

$$\begin{aligned} A_{odl1} &= \frac{2 \cdot 90s}{3600s} = 0.05E \\ A_{dol1} &= \frac{3 \cdot 90s}{3600s} = 0.075E \end{aligned} \quad (5.4.1)$$

Ukupan odlazni i dolazni saobraćaj koji generišu (nude) svi korisnici centrale A je:

$$\begin{aligned} A_{odl} &= 5000 \cdot A_{odl1} = 250E \\ A_{dol} &= 5000 \cdot A_{dol1} = 375E \end{aligned} \quad (5.4.2)$$

Imajući u vidu raspodelu saobraćaja ka centralama B i C, odlazni i dolazni saobraćaj ka centralama B i C sa stanovišta centrale A je:

$$\begin{aligned} A_{odlA-C} &= 0.2 \cdot A_{odl} = 50E \\ A_{odlA-B} &= 0.8 \cdot A_{odl} = 200E \\ A_{dolA-C} &= 0.2 \cdot A_{dol} = 75E \\ A_{dolA-B} &= 0.8 \cdot A_{dol} = 300E \end{aligned} \quad (5.4.3)$$

Posmatrajmo tranzitni saobraćaj kroz centralu A koji je generisan iz smera centrale B ka smeru centrale C. Sa stanovišta centrale A, ovaj saobraćaj je dolazni iz smera centrale B, ali odlazni u smeru centrale C. Suprotno važi za tranzitni saobraćaj generisan iz smera centrale C



generisan ka smeru centrale B. Otuda je ukupan odlazni i dolazni saobraćaj ka centrala B i C sa stanovišta centrale A:

$$\begin{aligned}
 A_{ukodlA-C} &= A_{odlA-C} + 80E = 130E \\
 A_{ukodlA-B} &= A_{odlA-B} + 60E = 260E \\
 A_{ukdolA-C} &= A_{dolA-C} + 60E = 135E \\
 A_{ukdolA-B} &= A_{dolA-B} + 80E = 380E
 \end{aligned}
 \tag{5.4.4}$$

Primenom iterativne formule (A.7.13), koristeći parametre  $B$  i  $A_{ukdolA-C}$ , dobijamo da je potreban broj odlaznih vodova između centrala A i C jednak 149. Na identičan način se dobija da je potreban broj odlaznih vodova između centrala A i B jednak 283, potreban broj dolaznih vodova između centrala A i C je 154, potreban broj dolaznih vodova između centrala A i B je 405. Smer odlazni/dolazni vod se posmatra sa stanovišta centrale A, a pod vodom podrazumevamo govorni kanal.

U slučaju dvosmernih vodova sabiramo ukupan dolazni i odlazni saobraćaj pa je:

$$\begin{aligned}
 A_{ukA-C} &= A_{ukodlA-C} + A_{ukdolA-C} = 265E \\
 A_{ukA-B} &= A_{ukodlA-B} + A_{ukdolA-B} = 640E
 \end{aligned}
 \tag{5.4.5}$$

Primenom iterativne formule (A.7.13), koristeći parametre  $B$  i  $A_{ukA-C}$ , dobijamo da je potreban broj dvosmernih vodova između centrala A i C jednak 288. Na identičan način se dobija da je potreban broj dvosmernih vodova između centrala A i B jednak 668.

Kao što se vidi iz dobijenih rezultata, ukupan broj vodova je manji u slučaju dvosmernih vodova (15 vodova manje između centrala A i C, odnosno 20 vodova manje između centrala A i B), što znači da su dvosmerni vodovi saobraćajno efikasniji. Međutim, kao što će biti objašnjeno u sledećem poglavlju, dvosmerni vodovi su komplikovaniji za realizaciju pa se u praksi, ipak, češće koriste jednosmerni vodovi.

Napomenimo, da se Erlangov model može primeniti i na alternativne probleme. Na primer, ako je poznat broj govornih kanala (vodova) i saobraćaj između centrala može se izračunati verovatnoća blokade, odnosno gubitka poziva zbog nedostatka slobodnog govornog kanala između centrala. Isto tako, ako je poznat broj govornih kanala (vodova) i dozvoljena verovatnoća blokade, onda se može proračunati dozvoljeni intezitet ponuđenog saobraćaja između centrala.