

# Komutacija i upravljanje u telekomunikacijskoj mreži

Nastavni materijali



**SVEUČILIŠTE U SPLITU**  
**SVEUČILIŠNI STUDIJSKI CENTAR**  
**ZA STRUČNE STUDIJE**  
**Split, travanj 2011**

## Sadržaj

1. Prijenos i komutacija informacija.....	2
1.1. Osnovne značajke prijenosa i komutacije kanala.....	3
1.2. Osnovne značajke prijenosa i komutacije paketa.....	4
2. Komutacijski sustavi.....	5
2.1. TDM komutacijski sustavi.....	5
2.2. Paketski komutacijski sustavi.....	7
3. Arhitektura komutacijskih sustava - osnovni funkcijski blokovi.....	9
3.1. Funkcijski blok za komutaciju .....	10
3.1.1. Komutacijska matrica TDM čvorišta.....	10
3.1.2. Paketske komutacijske matrice.....	13
3.1.3. Sinkronizacija.....	15
3.2 Upravljački funkcijski blok.....	16
3.2.1 Programska podrška komutacijskih sustava.....	16
3.2.2 Upravljanje pogreškama sustava.....	17
3.2.3. Pouzdanost sustava.....	17
3.2.4..Usmjeravanje prometa.....	18
3.2.5. Tarifiranje veza.....	19
4. Funkcije signalizacije.....	20
4.1. Signalizacijski sustavi.....	20
4.1.2. Pristupna signalizacija .....	20
4.1.3. SS7 signalizacijski sustav.....	22
4.1.4. Signalizacija pridružena kanalu CAS.....	23
4.1.5. SIP protokol.....	25
5. Upravljanje kvalitetom usluga QoS .....	28
6. Održavanje i upravljanje komutacijskih sustava.....	30
6.1. Nadzorni sustav OSS.....	30
7. Telekomunikacijski promet.....	33
7.1. Glavni prometni sat.....	34
7.2. Zagušenje.....	34
7.3. Jedinica telekomunikacijskog prometa Erlang .....	35
7.4. Prometni model.....	36

## 1. Prijenos i komutacija informacija

Pri prijenosu informacije od izvorišta prema odredištu obavlja se prijenos informacijskih tokova – *proces transmisije* i usmjeravanje informacijskih tokova prema zahtijevanom odredištu – *proces komutacije*.

Proces komutacije podrazumijeva skup svih zahtijeva koje se postavljaju pred komutacijski sustav da bi se mogli uspostaviti željeni spojni putovi odnosno da bi se informacija na željeni način isporučila od izvorišta do odredišta. Pored ovih osnovnih zahtijeva komutacijski sustav mora zadovoljiti i zahtjeve u pogledu kvalitete ostvarene veze.

Proces komutacije podrazumijeva dvije osnovne funkcije – funkciju odlučivanja odnosno procesiranja korisničkog zahtjeva i funkciju prospajanja. S obzirom na funkcije koje se obavljaju u komutacijskom sustavu razlikujemo:

- direktne komutacijske sustave (koncentrirano prospajanje i odlučivanje)
- indirektne komutacijske sustave (samo prospajanje)

Dva osnovna načina prijenosa informacija kroz telekomunikacijsku mrežu su prijenos informacija u obliku kanala te prijenos informacija u obliku paketa. U skladu s tim razlikujemo i dva principa komutacije:

- komutacija kanala (circuit switching)
- komutacija paketa (packet switching)

## 1.1. Osnovne značajke prijenosa i komutacije kanala

Na osnovu komutacijske informacije, preko odgovarajućih komutacijskih sustava uspostavlja se spojni put - kanal. Za svaku vezu je potrebno uspostavljanje i raskid spajnog puta odnosno kanala. Drugim riječima, između korisnika se uspostavlja stalna veza koja traje cijelo vrijeme trajanja poziva. U prošlosti je spojni put zahtijevao uspostavljanje fizičkog spajnog puta s kraja na kraj veze.

Uspostavljeni spojni put je fiksne pojasne širine odnosno na raspolaganju je fiksna brzina prijenosa informacija cijelo vrijeme trajanja uspostavljenе veze. Čak i ukoliko korisnik ne treba takvu pojasnu širinu ona je za njegovu vezu rezervirana. Kod ovakvog načina prijenosa i komutacije najprije se uspostavi spojni put pa onda preko spajnog puta dolazi do razmjene informacija između korisnika.

Osnovne prednosti ovakvog pristupa prijenosu i komutiranju informacija su:

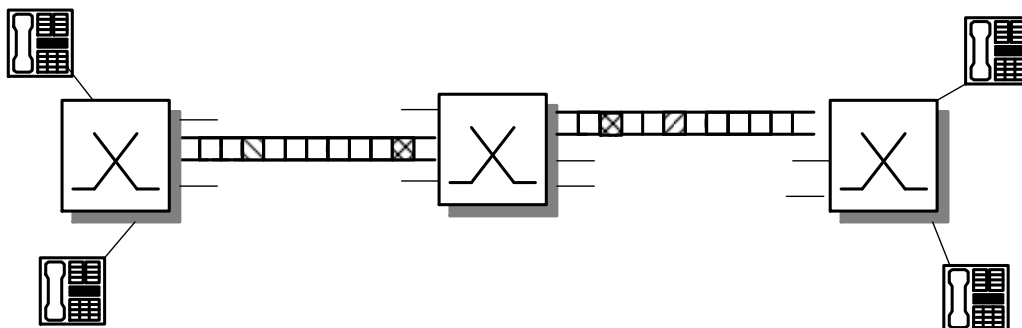
- malo kašnjenje,
- garancija kvalitete usluge.

Osnovni nedostaci komutacije kanala su:

- sve veze iste brzine,
- pojasna širina rezervirana za jednu vezu se ne može koristiti za drugu vezu istovremeno,
- loša iskoristivost spajnih vodova.

Telekomunikacijske mreže s komutacijom kanala dizajnirane su prvenstveno za osiguranje govorne usluge. Komutacijski sustavi s komutacijom kanala još uvijek su zastupljeni u današnjim telekomunikacijskim mrežama.

Na slici dolje, prikazan je primjer komutacije kanala gdje je korisniku dodijeljen kanal pojasne širina 64 kb/s cijelo vrijeme trajanja veze. Zadaća komutacijskog sustava je komutirati kanal sa određenog ulaza na određeni izlaz u skladu sa korisničkim zahtjevom.



## 1.2. Osnovne značajke prijenosa i komutacije paketa

Izvorišna poruka, odnosno korisnička informacija, se na ulazu u mrežu dijeli u blokove odgovarajućeg formata. Svakom bloku dodaje se upravljačka informacija. Ovako formirani blokovi nazivaju se paketi. Na ovaj način svaki paket se sastoji od upravljačkog dijela (control part) i korisničkog dijela (user part).

Upravljački dio se sastoji od informacije o usmjeravanju odnosno odredištu, informacije potrebne za prijenos paketa te informacije na osnovi koje se blokovi na odredištu spajaju.

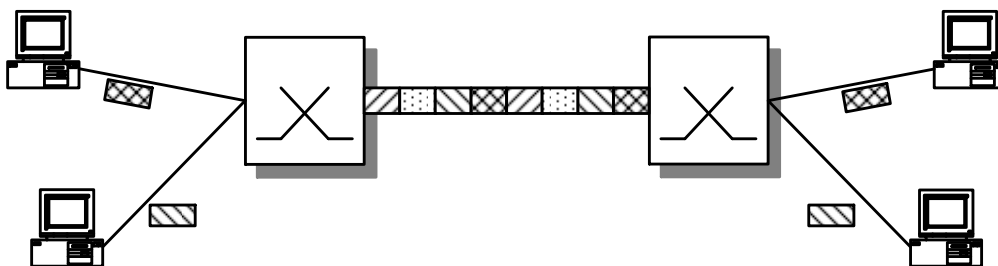
Informacija o odredištu se u komutacijskom sustavu analizira te se paket usmjerava prema sljedećem sustavu ili prema korisniku. Prijenosni put svih paketa koji se odnose na određenu vezu ne mora biti isti odnosno svaki paket može putovati putem različitim od puta ostalih paketa prema istom odredištu. Komutacija paketa ne zahtijeva nužno uspostavljanje spojnog puta prije slanja paketa.

Paketi mogu biti fiksne ili varijabilne duljine što ovisi o korištenoj tehnologiji za prijenos i komutaciju. Ukoliko su paketi varijabilne duljine, definirana se maksimalna duljina paketa pri komutaciji. Kod ovakvog načina prijenosa i komutacije informacija cijela pojasna širina je na raspolaganju za slanje svih paketa – ovisno o zahtijevanoj kvaliteti usluge.

Prednosti ovakvog načina prijenosa i komutiranja informacija su:

- mogućnost ponovnog slanja paketa u slučaju pogreške
- više korisnika istovremeno može koristiti raspoložive resurse – učinkovita uporaba resursa
- paketi imaju alternativne putove do odredišta

Osnovni nedostatak prijenosa i komutacije paketa vezan je uz osiguranje odnosno garanciju kvalitete usluge QoS (Quality of Services). Stoga se primjenjuju razni mehanizmi pomoću kojih se zadovoljava zahtijevana kvaliteta raznih usluga.



## 2. Komutacijski sustavi

Današnji digitalni komutacijski sustavi, odnosno komutacijska čvorišta, u skladu sa načinom prijenosa i multipleksiranja informacija, se mogu podijeliti na klasične TDM komutacijske sustave (Time Division Multiplexing Switch) i paketske komutacijske sustave (Packet Network Switch).

### 2.1. TDM komutacijski sustavi

Klasični TDM komutacijski sustavi primjenjuju se pri sinkronom načinu prijenosa informacija i TDM multipleksiranju – u točno određenim vremenskim trenucima prijenosni resursi dodjeljuju se određenim prijamnicima odnosno predajnicima. Pri prijenosu informacija na ovakav način, koriste se komutacijska čvorišta koja komutiraju vremenske odsječke odnosno kanale.

U TDM komutacijskim sustavima upotrebljavaju se dva principa digitalne komutacije:

- vremenska komutacija
- prostorna komutacija

Vremenska komutacija se može obavljati pomoću tri metode:

- Čisto vremenski multipleks
- Memoriranje PCM signala
- Hibridna metoda

#### *Metoda čistog vremenskog multipleksa*

Ulazni standardni multipleksi slažu se u zajedničku sabirnicu koja predstavlja tzv glavni prometni put GPP. Procesom demultipleksiranja iz sabirnice dobivaju se izlazni standardni multipleksi.

#### *Metoda memoriranja PCM signala*

Umjesto glavnog prometnog puta, upotrebljava se jedinstvena centralna memorija koja prihvaća vremenske pozicije svih ulaznih standardnih TDM multipleksora. Očitavanjem pozicija iz centralne memorije, na izlazu se formiraju standardni izlazni vremenski multipleksi.

#### *Hibridna metoda*

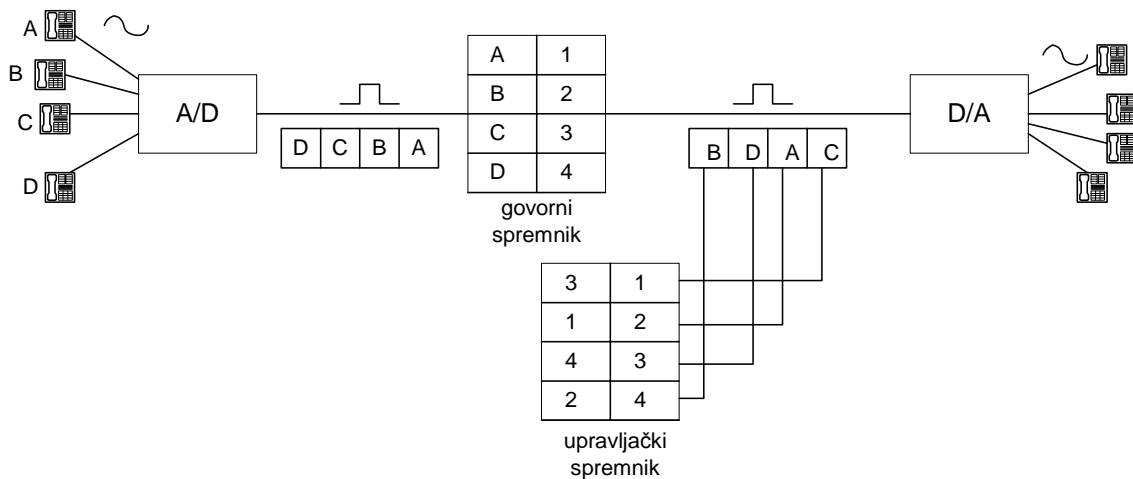
Hibridna metoda podrazumijeva kombinaciju vremenskog i prostornog multipleksa. Prostorni multipleks preuzima funkciju usmjeravanja informacijskih tokova. Ovisno o realizaciji prostornog i vremenskog multipleksa razlikujemo STS metodu (prostor – vrijeme – prostor) i TST metodu (vrijeme – prostor – vrijeme).

Prijenos informacija kroz komutacijsku mrežu je jednostran. Kroz komutacijsku mrežu se uspostavljaju dva spojna puta – po jedan u svakom smjeru prijenosa informacija.

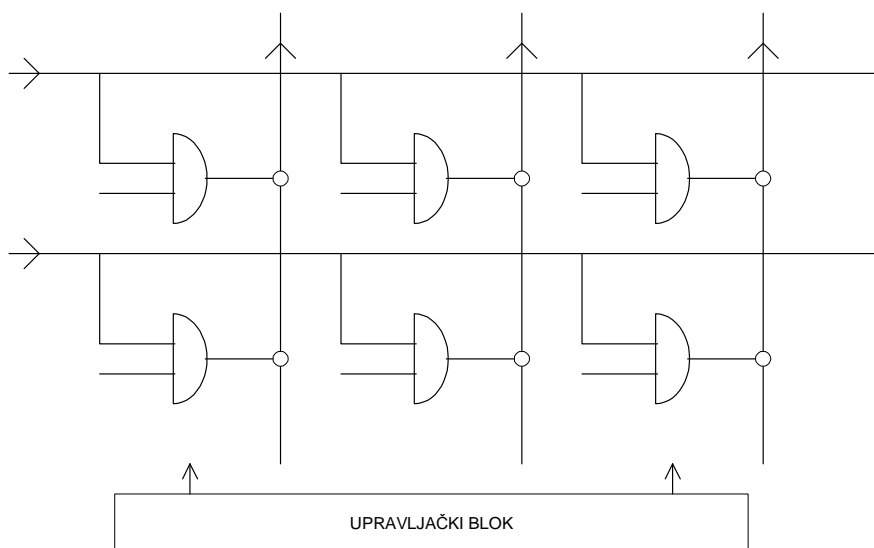
TDM komutacijski sustavi su se još uvijek zadržali u dijelu javnih telefonskih mreža (PSTN, PLMN) te u dijelu privatnih mreža.

*Primjer vremenske i prostorne digitalne komutacije*

Vremenski komutator ili vremenska sklopka sastoji se od govornog spremnika i upravljačkog spremnika. Govorni spremnik služi za privremeno pohranjivanje govornih uzoraka gdje svakom kanalu odgovara određeno mjesto u govornom spremniku. Upravljački spremnik upravlja očitavanjem govornih uzoraka iz govornog spremnika. Na slici je prikazan vremenski komutator:



Prostorno komutiranje obavlja se kako bi se vremenski odsječci sa jednog PCM sustava komutirali na drugi PCM sustav. Prostorni komutator sastoji se od matrice elektroničkih vrata gdje se pojedina vrata otvaraju za određeni vremenski interval.

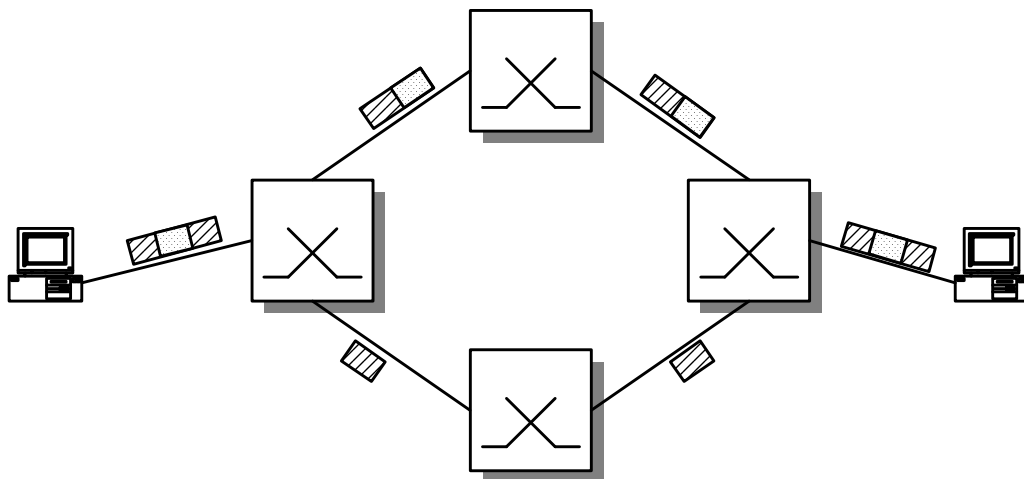


## 2.2. Paketski komutacijski sustavi

Paketski komutacijski sustavi se primjenjuju kod paketskog načina prijenosa informacija te statističkog multipleksiranja informacija ili asinkronog vremenskog multipleksiranja.

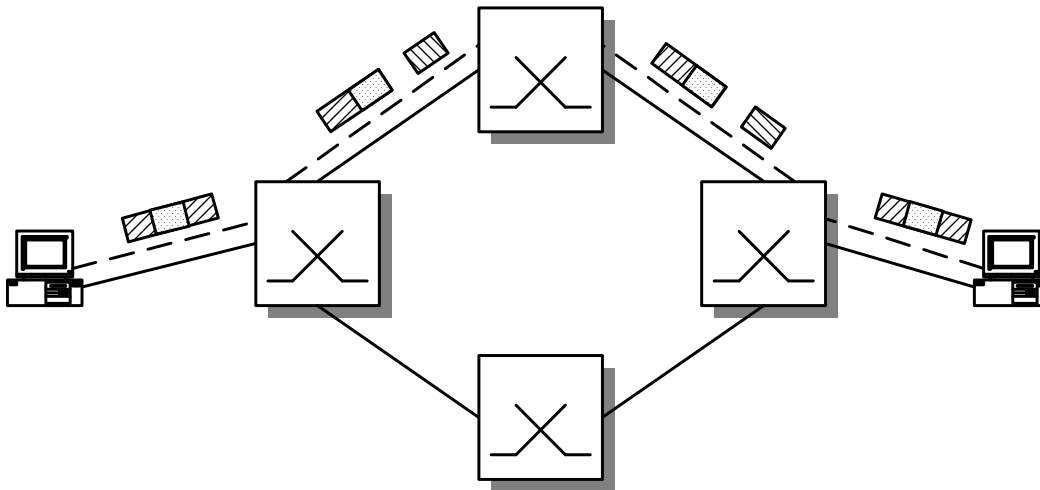
Dva su pristupa komutaciji paketa – datagrami i virtualne veze (virtulani krugovi, putevi, kanali). Ovakva podjela pristupa komutaciji paketa vezana je za *ne spojno* te *spojno* orijentirane paketske mreže – (connection/connectionless oriented). Osnovna razlika je u tome da li se prije slanja korisničke informacije uspostavlja spojni put ili ne.

Kod prijenosa datagrama svaki paket putuje neovisno o prethodnom i svako čvorište u mreži odlučuje na koji način će usmjeriti svaki pojedini paket. Čvorište donosi odluku o usmjeravanju na osnovu informacija prikupljenih od „susjednih“ čvorišta. Paketi sa istim odredišnim adresama mogu putovati raznim putovima do odredišta. Na slici dolje, prikazan je pristup komutacije datagrama. Tipičan primjer ovakve komutacije je u Internet mreži.





Kod prijenosa paketa pomoću virtulanih veza prije slanja prvog paketa uspostavlja se virtualni put između izvorišta i odredišta. Tim virtualnim putem se šalju svi paketi. Svaki paket u zaglavlju sadrži virtualni identifikator na osnovu kojega čvorište usmjerava paket. Čvorište ne donosi odluku o usmjeravanju paketa tijekom prijenosa paketa već se odluka donosi prije – pri uspostavljanje virtualnog puta. Ovakav način komutiranja karakterističan je kod ATM komutacije virtualnih kanala/putova.



Prednosti komutacije datagrama su fleksibilnost kod zagušenja te pouzdanost (ispad jednog čvorišta ne mora značajno utjecati na vezu). Prednosti komutacije virtualnih veza su što nije potrebno procesiranje svakog paketa u čvorištima te što paketi dolaze istim redoslijedom kojim su i poslani.

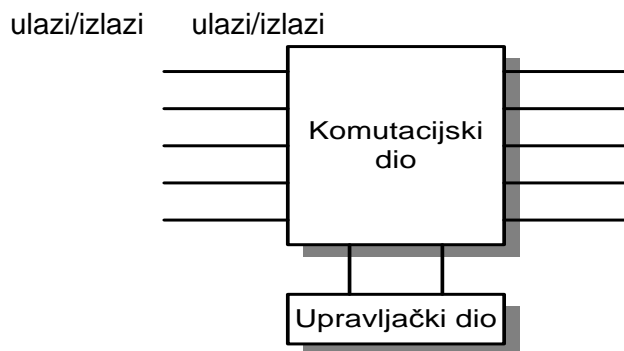
Kako bi usmjeravanje paketa bilo što učinkovitije i brže, čvorišta razmjenjuju informacije o svom statusu – informacije o eventualnim pogreškama na čvorištu ili preopterećenju odnosno zagušenju čvorišta.

Paketski komutacijski sustavi su inicijalno bili korišteni za podršku podatkovnim uslugama. Međutim, s trendom konvergencije raznih mreža, paketski komutacijski sustavi postaju dominantni u modernim telekomunikacijskim mrežama. Kao podrška prijelaznom periodu, dok još uvijek postoji potreba za podrškom prijenosa i komutacije kanala, u primjeni su komutacijski sustavi koji podržavaju oba načina komutiranja informacija i komutaciju kanala i komutaciju paketa.

### 3. Arhitektura komutacijskih sustava - osnovni funkcijski blokovi

Kako bi komutacijski sustav mogao obavljati osnovnu zadaću; zaprimanje korisničkih i upravljačkih informacija, obrada informacija te usmjeravanje, potrebni su sljedeći funkcionalni blokovi:

- ulazi i izlazi komutacijskog sustava,
- funkcijski blok za komutaciju,
- upravljački funkcijski blok.



Ulazi i izlazi u komutacijskog sustava omogućavaju podršku raznim sučeljima te prilagodbu prenesenih informacija sa tih sučelja od/prema komutacijskom dijelu čvorišta kako bi se informacije mogle usmjeravati. Današnja komutacijska čvorišta podržavaju razne tipove sučelja ovisno o podržanoj tehnologiji. Primjerice, klasično TDM komutacijsko čvorište podržava TDM sučelja, paketska komutacijska čvorišta, u principu, podržavaju IP/Ethernet, dok primjerice, komutacijska čvorišta nove generacije mogu podržavati razna sučelja; TDM, FR, ATM, IP/Ethernet.

Komutacijski dio čvorišta omogućava prosljeđivanje informacija sa određenih ulaza na određene izlaze. Komutacijski dio tradicionalnih komutacijskih čvorišta podrazumijeva TDM vremensko-prostornu komutaciju. Komutacijski dio paketskih čvorišta obavlja komutaciju paketa sa određenih ulaza na izlaze pomoću komutacijske matrice i pripadnih spremnika.

Upravljački funkcijski elementi su odgovorni za obradu zaprimljenih informacija te upravljanje procesom usmjeravanja i komutiranja. Pored toga, upravljački elementi nadziru sve elementa sustava te omogućavaju upravljanje konfiguracijom sustava. Nadalje, odgovorni su za niz dodatnih funkcija ovisno o tipu komutacijskog sustava.

### 3.1. Funkcijski blok za komutaciju

Proces komutiranja informacija unutar komutacijskog čvorišta obavlja se u komutacijskom dijelu čvorišta pomoću komutacijske matrice. Komutacijski dio čvorišta je odgovoran za prosljeđivanje informacija sa određenih ulaza na određene izlaze kao i za komunikaciju upravljačkog dijela čvorišta sa ulazno/izlaznim elementima.

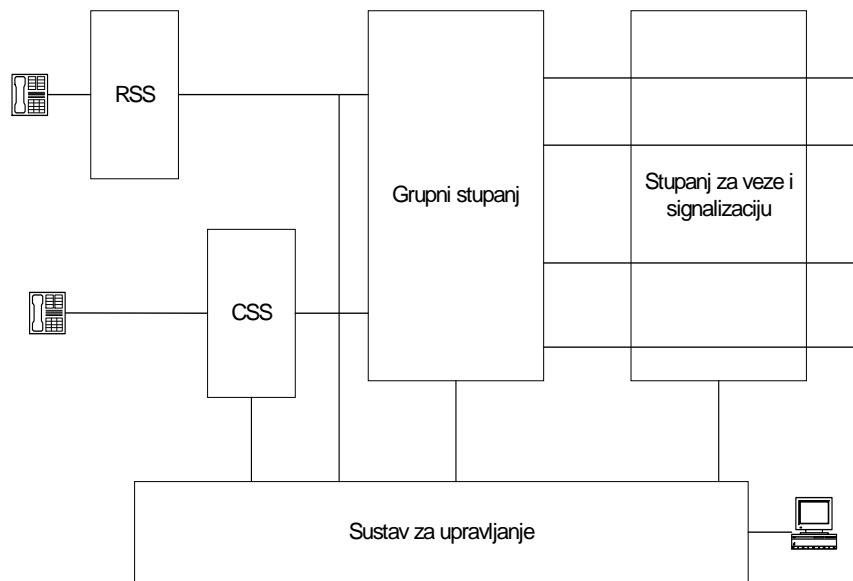
U osnovi razlikujemo komutacijska čvorišta sa podsustavom za komutaciju kanala te komutacijska čvorišta sa podsustavom za komutaciju paketa. Međutim, postoje izvedbe komutacijskih čvorišta sa tradicionalnom komutacijom kanala sa dodatno implementiranim komutacijskim modulima koji obavljaju komutaciju paketa. Također, moguća je izvedba čvorišta sa modulima za transformaciju paketa u kanale kako bi se izvršila komutacija kanala. Na taj način su podržane razne pristupne tehnologije i usluge neovisno o načinu prijenosa i komutacije.

Pored osnovnih funkcija, komutacijski dio može biti odgovoran i za dodatne funkcije čvorišta kao što su primjerice slanje poruka iz jednog izvora prema većem broju odredišta, realizacija konferencijskog poziva (više od dva korisnika u jednoj vezi) te realizacija interaktivnih govornih poruka (korisnik aktivno sudjeluje u realizaciji aktiviranja usluge).

#### 3.1.1. Komutacijska matrica TDM čvorišta

Komutacijske matrice zauzimaju središnje mjesto u komutacijskom čvorištu. Kod TDM komutacijskih sustava, komutacijsku matricu čine moduli vremenske sklopke i moduli prostorne sklopke. Ovi elementi su iz sigurnosnih razloga udvojeni, odnosno postoje dvije ravnine podsustava za komutaciju. Obje ravnine sadrže identični skup modula vremenske sklopke i modula prostorne sklopke.

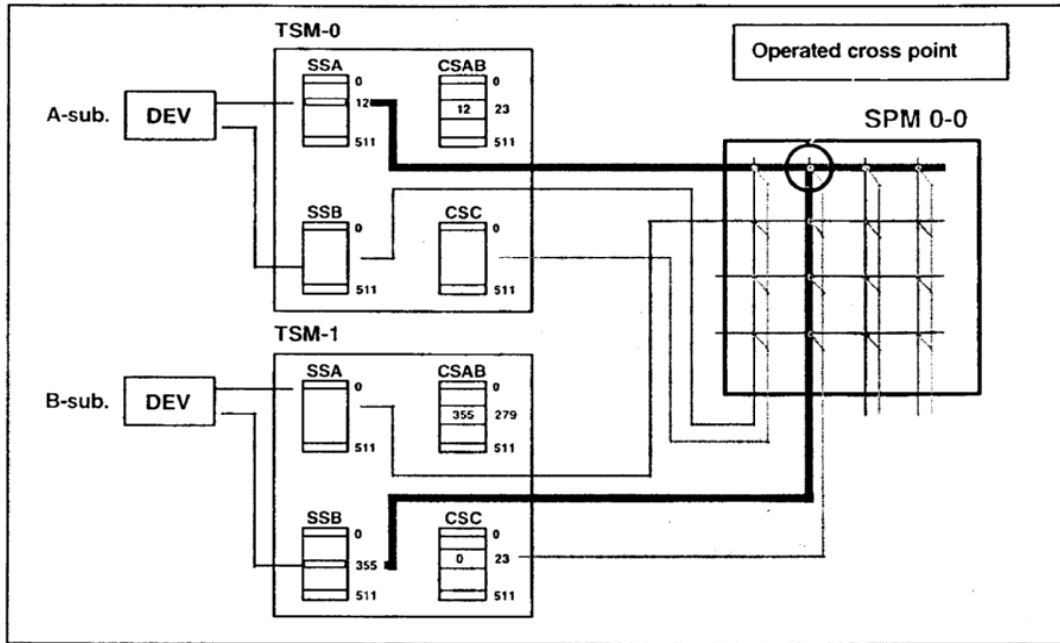
U tradicionalnom Ericsson AXE sustavu ovaj podsustav se naziva Grupni stupanj (GSS - Group Switching Subsystem). Na slici je prikaza blok shema Ericsson AXE pristupnog čvorišta.



Podsustav za komutaciju AXE komutacijskog čvorišta grupni stupanj, sastoji se od modula vremenske sklopke TSM i modula prostorne sklopke SPM koji omogućavaju vremensko-prostorno-vremensku komutaciju kanala.

Modul vremenske sklopke TSM upravlja prijemom i prijenosom govornih uzoraka. U AXE sustavu za obavljanje vremenske komutacije potrebna su dva *govorna spremnika* – spremnik za prijenos dolaznih govornih uzoraka SSA i spremnik odlaznih govornih uzoraka SSB. Govorni uzorci se iz dolaznog PCM linka upisuju u SSA spremnik po redu. Redosljedom njihovog očitavanja upravlja *upravljački spremnik* CSAB koji je ujedno odgovoran za njihovo učitavanje u SSB spremnik. CSC upravljački spremnik upravlja logičkim vratima modula prostorne sklopke SPM.

Modul prostorne sklopke SPM omogućava prospajanje između raznih TSM-ova i prospajanje kroz isti TSM. SPM se sastoji od niza elektroničkih vrata čijim otvaranjem upravlja upravljački spremnik CSC u TSM-u.

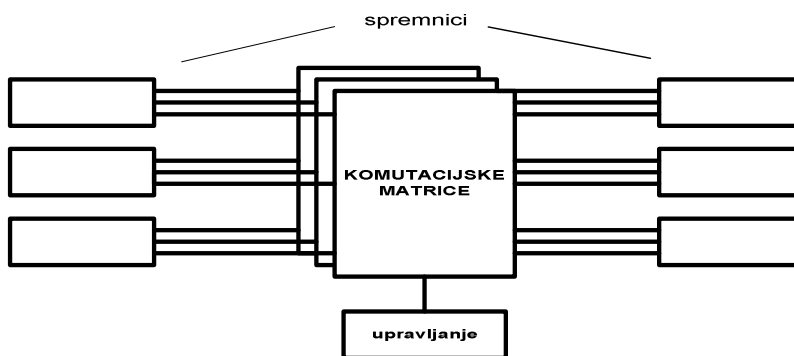


### 3.1.2. Paketske komutacijske matrice

Komutacijski dio čvorišta u čvorištima koje obavljaju komutaciju paketa čine komutacijske matrice te spremnici za pohranu paketa u red čekanja. S obzirom na smještaj upravljačkih funkcija u komutacijskom čvorištu, postoje dvije arhitekture:

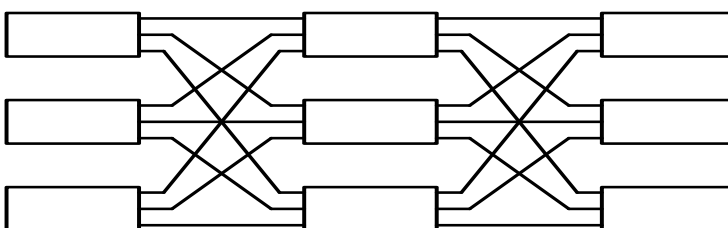
- arhitektura sa centraliziranim upravljanjem
- arhitektura sa distribuiranim upravljanjem

Arhitektura sa centraliziranim upravljanjem podrazumijeva sve upravljačke funkcije u jednom bloku. Kod ovakve arhitekture, s obzirom na smještaj spremnika, razlikujemo tri strukture – struktura sa ulaznim redovima čekanja – spremnici se nalaze na ulazima, struktura sa izlaznim redovima čekanja – spremnici se nalaze na izlazima, te struktura sa podjelom memorije – niz spremnika koji su dostupni svim ulazima i izlazima čvorišta.

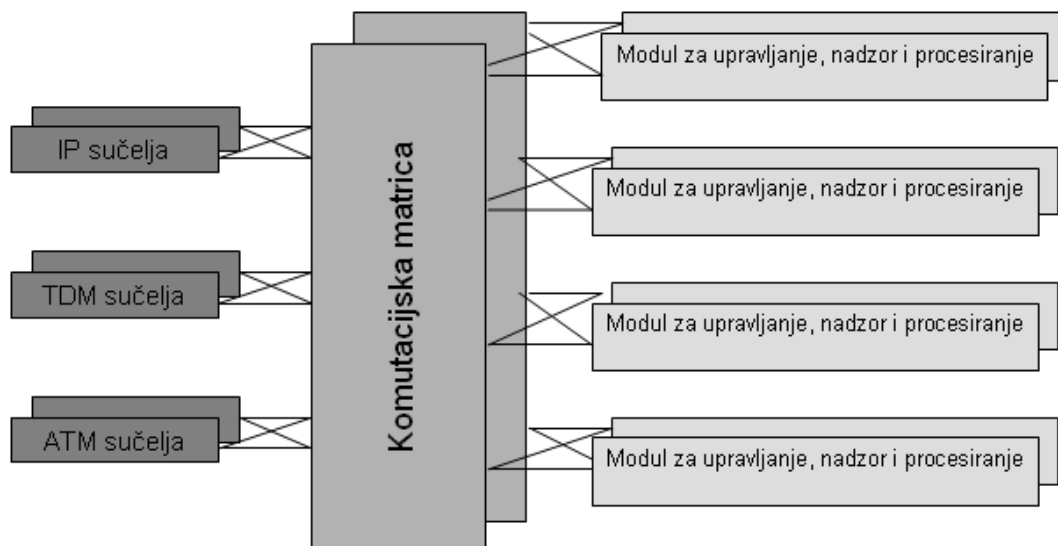


Kod arhitekture sa distribuiranim upravljanjem prospajanje i odlučivanje se obavlja u svakoj komutacijskoj matrici neovisno o drugim matricama.

kom. matrice i spremnici



Na slici je prikazan komutacijski sustav sa distribuiranom arhitekturom gdje su procesi distribuirani po multifunkcionalnim modulima.



### 3.1.3. Sinkronizacija

Komutacijska čvorišta koja podržavaju E1/T1, STM-1, STM-4 sučelja moraju podržavati sinkronizaciju takta. Da bi komutacijsko čvorište moglo obavljati proces komutiranja informacija potreban je takt koji će međusobno sinkronizirati sustave. Za osiguranje sinkronizma upotrebljava se:

- lokalna oprema odnosno izvori takta unutar čvorišta,
- digitalni prijenosni put odnosno takt iz drugog čvorišta,
- vanjska oprema odnosno eksterni izvori takta, primjerice GPS sustav

Ovisno o sinkronizacijskim funkcijama u komutacijskim čvorištima primjenjuje se tri sinkronizacijske metode distribucije takta u mreži:

- pleziokrona sinkronizacija
- nadređeno - podređena sinkronizacija (master – slave)
- uzajamna sinkronizacija

Kod metode pleziokrone sinkronizacije svako čvorište ima svoj izvor takta neovisno o svim drugim izvorima. Izvori takta u ovim čvorištima su veoma velike preciznosti.

Nadređeno – podređena sinkronizacija podrazumijeva jedno čvorište (master) koje generira takt te čvorišta primaju njegov takt (slave). Master čvorište pored osnovnih sadrže referentni izvor takta RCM (Reference Clock Module) i/ili CCM (Cesium Clock Module) koji su velike točnosti. Prednost ove metode je što sva čvorišta u mreži imaju isti takt.

Metoda uzajamne sinkronizacije podrazumijeva da svako čvorište ima svoj izvor takta. Sva čvorišta međusobno razmjenjuju takt odnosno svako čvorište prima takt od svih drugih čvorišta. U svakom čvorištu proračunava se takt kao prosječna vrijednost svih dobivenih vrijednosti.

Uporaba PTP protokola (Precision Time Protokol - IEEE1588v2) omogućava sinkronizaciju mrežnih elemenata kroz Ethernet/IP mreže koje su po svojoj prirodi asinkrone.

Pored osiguranja sinkronizacije takta na današnja komutacijska čvorišta postavlja se zahtjev za sinkronizacijom točnog vremena. U ovu svrhu uobičajena je uporaba NTP protokola (Network Time Protocol).



## 3.2. Upravljački funkcijski blok

Upravljački dio čvorišta je odgovoran za pravilno usmjeravanje informacija, administriranje prometnih podataka te nadzor i upravljanje komutacijskim sustavom. Za realizaciju navedenih funkcija upravljački dio čvorišta mora podržati sljedeće:

- izvršenje programa i upravljanje pohranjenim podacima,
- nadzor funkcijskog bloka za komutaciju,
- funkcije mjerenja i statistike,
- nadzor sklopovlja čvorišta te detekcija pogreške i alarmiranje,
- funkcije oporavka sustava, podizanja sustava, punjenje podacima sa pričuvnih datoteka,
- upravljanje funkcijama signalizacije,
- programske korekcije – funkcije koje omogućavaju unos korekcija,
- funkcije nadgradnje te implementacije novih programskih podrški,
- komunikacija čovjeka sa čvorištem; man-machine sučelje.

Upravljački funkcijski blok komutacijskog čvorišta se sastoji od raznog sklopovlja odnosno modula. Komutacijska čvorišta sa distribuiranom procesorskom arhitekturom podrazumijeva funkcije raspodijeljene po modulima. Primjerice, to su moduli:

- moduli za nadzor i upravljanje komutacijskog dijela,
- memorijski moduli,
- moduli za procesiranje specifičnih funkcija čvorišta,
- moduli za podršku vanjskom nadzoru i upravljanju konfiguracijom čvorišta,
- čvrsti disk te optički disk za pohranu podataka neophodnih za funkcioniranje čvorišta te za pohranu sigurnosnih podataka.

Pored navedenog, ovisno o tipu čvorišta, potrebni su i moduli za podršku dodatnih funkcija. Primjerice, ukoliko čvorište poslužuje govornu uslugu onda je potreban modul za podršku govornim porukama ili modul za konverziju raznih tipova govornog signala.

Sklopovlje upravljačkog funkcijskog bloka je obično duplicirano iz sigurnosnih razloga. Drugim riječima u svakom čvorištu postoje udvojeni moduli sa identičnim podržanim funkcijama/podacima.

### 3.2.1. Programska podrška komutacijskih sustava

Programska podrška digitalnih komutacijskih sustava sastoji se od *izvršnog programa* i *baze podataka*. Izvršni program sadrži sve logičke instrukcije potrebne za izvršenje određenih funkcija. Izvršni program mora omogućiti operativnost komutacijskom sustavu na svim točkama sustava. Karakteristike pojedinih točaka sustava smještene su u bazi podataka. U bazi podataka pohranjene su sve informacije vezane za pojedine točke sustava, informacije za usmjeravanje prometa (tablice usmjeravanja) kao i ostale informacije nužne za obavljanje funkcija čvorišta - primjerice informacije vezane za korisnike (korisnički registri).

### 3.2.2. Upravljanje pogreškama sustava

Pred komutacijske sustave se postavlja zahtjev za detekcijom i lociranjem pogreški na sustavu. Pogreška se detektira na tri načina:

- uporabom mehanizma nadzora pojedinog sklopovlja,
- uspoređivanjem podataka koji su pohranjeni na dva identična procesora koji su jedan drugome redundantni,
- pomoću programa za testiranje elemenata sustava.

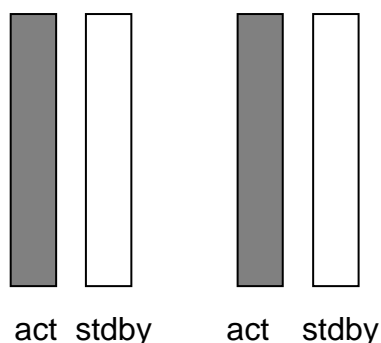
Pogreške na sustavu mogu biti uzrokovane sklopovljem i programskom podrškom. Nakon što detektira pogrešku, sustav generira alarm. Velike pogreške mogu uzrokovati otežani rad komutacijskog sustava ili čak potpuni ispad sustava. Pri ovakvim pogreškama iniciraju se mehanizmi automatskog podizanja prilikom čega je moguć automatski oporavak sustava. Ukoliko se automatskim podizanjem sustava ne uspije otkloniti pogreška, potrebno je podizanje sustava sa pričuvnih *backup* datoteka.

### 3.2.3. Pouzdanost sustava

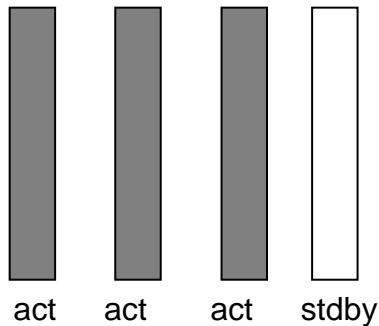
Ovisno o važnosti pojedinih sklopovskih elemenata odnosno funkcija koja obavljaju primjenjuju se dva tipa redundancije:

- princip redundancije 2N,
- princip redundancije N+1.

Princip redundancije 2N podrazumijeva da svaki modul ima svoj par gdje je jedan modul aktivan a drugi modul je na čekanju. Ukoliko se na aktivnom modulu dogodi pogreška drugi modul automatski u potpunosti preuzima njegovu funkciju (switchover mehanizam). Ovaj princip se još naziva „hot-stand by“ ili 1+1 princip.



Princip redundancije N+1 podrazumijeva grupu modula koji obavljaju iste funkcije dok je jedan modul na čekanju. Ukoliko se dogodi pogreška na bilo kojem od modula koji su u grupi, njegovu funkciju automatski preuzima modul na čekanju.



#### 3.2.4. Usmjeravanje prometa

Upravljački funkcijski blok čvorišta odgovoran je za usmjeravanje informacija prema odredištu. Stoga su u bazi podataka čvorišta nalaze tablice usmjeravanja na osnovu kojih se pristigle informacije pravilno usmjeravaju prema drugim čvorištima, uslužnim platformama ili korisničkim terminalima.

Tablice usmjeravanja sadrže razne adrese koje, ovisno o tipu prometa koji čvorište poslužuje odnosno podržanom signalizacijskom sustavu, mogu biti; korisnički birani brojevi MSISDN, SS7/SCCP adrese, SIP adrese, Diameter adrese i druge. Pored ovakvih tablica usmjeravanja, ovisno o podržanom načinu prijenosa informacija, potrebne su i tablice usmjeravanja na nižim slojevima, primjerice IP ili ATM tablice usmjeravanja.

Promet sa komutacijskog čvorišta se distribuira prema odredištu preko jednog ili više smjera (skup jednog ili više izlaza čvorišta). Promet se može distribuirati po principu razdiobe prometa na više smjerova ili se može koristiti princip prioritnog usmjeravanja. U slučaju distribucije prometa na više smjerova, primjenjuju se razni mehanizmi po kojima se definira sama razdioba prometa. Prioritetno usmjeravanje podrazumijeva postojanje preferiranog smjera te redundantnog smjera na koji se promet usmjerava u slučaju problema sa preferiranim smjerom.

### 3.2.5. Tarifiranje veza

Ovisno o načinu ostvarivanja veze, duljini veze, korištenoj usluzi, zahtijevanoj kvaliteti usluge i slično, komutacijsko čvorište mora podržati pravilno tarifiranje veza. Tarifiranje je proces obrade svake veze s ciljem utvrđivanja naplate. Moguća su dva pristupa tarifiranju:

- izravno tarifiranje na čvorištu – čvorište na osnovu brojača obavlja tarifiranje za svakog korisnika
- naknadna obrada (post processing) – podaci o ostvarenim vezama se bilježe na čvorištu te ih čvorište prosljeđuje sustavu za obradu tarifnih podataka odnosno sustavu za naplatu (billing centar)

Komunikacija komutacijskog čvorišta sa sustavom za obradu tarifnih podataka obavlja se pomoću standardiziranih sučelja. Uobičajena je uporaba FTP protokola pomoću kojeg se prenose tarifni zapisi CDR datoteke (Call Data Record).

Pred današnje telekomunikacijske sustave postavljaju se zahtjevi za naplatom u realnom vremenu – „on-line“ naplata. Ovakav način naplate može se realizirati uporabom koncepta inteligentne mreže gdje se prijenos podataka o ostvarenoj vezi, između komutacijskog čvorišta i sustava za naplatu u realnom vremenu, obavlja pomoću INAP protokola. U modernim telekomunikacijskim mrežama primjenjuje se Diameter protokol. Također je u primjeni i GTP' (GPRS Tunneling Protocol Prime). Ovi protokoli omogućuju dodatne mogućnosti po pitanju naplate u realnom vremenu.

## 4. Funkcije signalizacije

Signalizacija u telekomunikacijskog mreži omogućava razmjenu „upravljačkih“ (Control) informacija između mrežnih elemenata (terminala, čvorišta, baza podataka..). Osnovna funkcija signalizacije u telekomunikacijskim mrežama je prijenos upravljačkih informacija između mrežnih elemenata kako bi se omogućilo:

- uspostavljanje, nadzor i raskidanje telekomunikacijske veze i usluga
- razmjena informacija između raznih baza podataka
- upravljanje mrežama

Kod mreža s komutacijom kanala (PSTN/ISDN, PLMN) govorna i signalna veza su stalno uspostavljeni između dva korisnika. Mreže s komutacijom paketa (ATM, FR, VoIP) sadrže mreže signalnih veza koje se upotrebljavaju po potrebi.

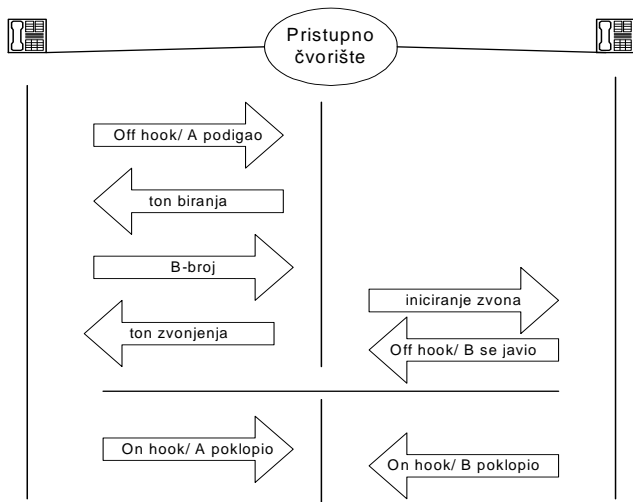
### 4.1. Signalizacijski sustavi

Ovisno o tipu mreže, koriste se razni *signalizacijski protokoli* koji podržavaju razne funkcionalnosti. Primjerice, u signalizacijski protokoli u javnim pokretnim mrežama pored osiguranja uspostave i raskidanja veza i usluga moraju zadovoljiti zahtjeve za mobilnosti korisnika.

Tradicionalna podjela signalizacije podrazumijeva *pristupnu signalizaciju* odnosno signalizaciju između korisničkog terminala i pristupnog čvorišta te *signalizaciju između čvorišta*.

#### 4.1.2. Pristupna signalizacija

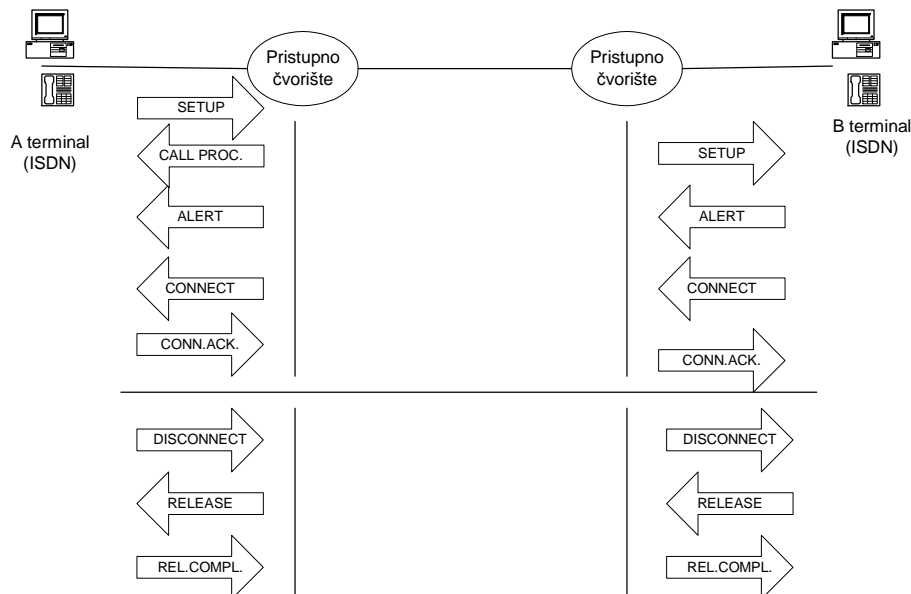
*Pristupna signalizacija* je signalizacija između korisnika i mrežnog čvorišta. U PSTN mreži veza između korisnika i čvorišta je analogna te se u ovoj mreži signalizacija u pretplatničkom (pristupnom) dijelu obavlja na osnovi signala podizanja/spuštanja (on/off hook), slanjem raznih tonova te snimljenih poruka. Podizanjem telefonskog uređaja (off hook) centrala dobiva signal da korisnik želi razgovarati te se korisniku stavlja na raspolaganje oprema za uspostavu poziva u centrali i šalje mu se ton slobodnog biranja. Korisnik centrali šalje birane znamenke dekadski – pulsno ili kombinacijom dvaju tonova DTMF – tonski



U ISDN mreži između korisničkog terminala i čvorišta upotrebljava se DSS1 signalizacija odnosno signalizacija po D kanalu. Veza između korisnika i čvorišta je digitalna te se signalne informacije razmjenjuju u obliku podatkovnih paketa.

U ISDN mreži razlikujemo dva pristupa:

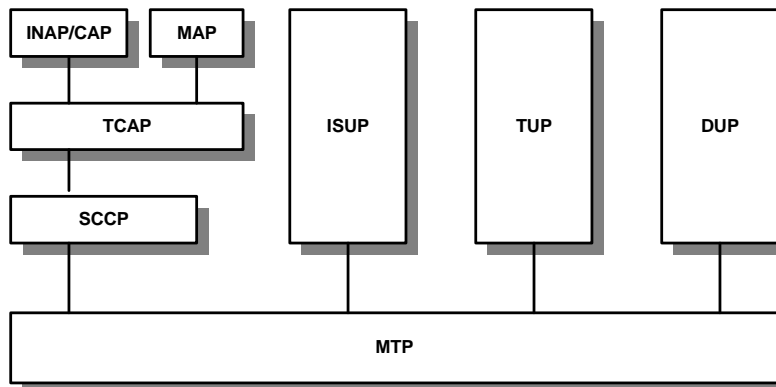
- BA (Basic Rate Access) osnovni pristup – 2B+D (2 x 64 Kb/s + 16 Kb/s)
- PRA (Primary Rate Access) primarni pristup – 30B+D (30x64 + 64Kb/s)



#### 4.1.3. SS7 signalizacijski sustav

SS7 (*Signaling System No7*) signalizacijski sustav predstavlja sustav *signalizacije po zajedničkom kanalu CCS (Common Channel Signalling)*. SS7 signalizacijski sustav podrazumijeva koncept logički odvojenih mreža odnosno logički su razdvojene signalizacijska mreža i korisnička mreža. Drugim riječima, upravljačka informacija i korisnička informacija putuju logički odvojenim mrežama. Signalizacijska mreža se upotrebljava za prijenos signalizacijskih informacija između čvorišta – signalizacijska informacija “putuje” kroz signalizacijsku mrežu dok se korisničkom mrežom prenosi korisnička informacija odnosno govor ili korisnički podaci. SS7 signalizacijskom mrežom se pored signalizacijskih informacija mogu prenositi i korisničke informacije, primjerice SMS u GSM mrežama MAP aplikacijskim SS7 protokolom.

Protokolni složaj SS7 sustava čine MTP (Message Transfer Part) i UP (User Part) odnosno kod složenijih sustava AP (Application Part). MTP je odgovoran za prijenos signalnih poruka dok o tipu UP odnosno AP ovisi kako će informacija biti obrađena.



MTP dio (Message Transfer Part) je odgovoran za prijenos signalizacijskih poruka između čvorišta. Ovisno o vrsti mreže koja upotrebljava SS7 signalizaciju, primjenjuju se razni signalizacijski protokoli. Drugim riječima postoji nekoliko aplikacija koje koriste razne tipove SS7 signalizacijskih protokola. Primjerice za komunikaciju pojedinih mrežnih elemenata u GSM mreži odnosno za razmjenu informacija između njih upotrebljava se MAP protokol (MSC/VLR - HLR) dok se za komunikaciju pojedinih elemenata inteligentne mreže upotrebljava INAP protokol. Za uspostavljanje govornog puta između dva čvorišta u PSTN ili GSM mreži upotrebljavaju se TUP ili ISUP protokoli.

SS7 protokoli:

- TUP – Telephone User Part
- DUP – Data User Part
- ISUP – ISDN User Part
- SCCP – Signalling Connection Control Part
- INAP – Intelligent Network Application Part

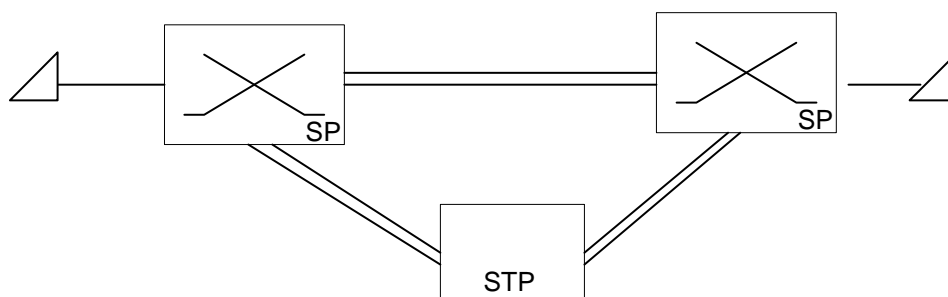
- MAP – Mobile Telephony Application Part
- CAP - CAMEL User Part
- BSSAP - Base Station System Application Part
- RANAP – Radio Access Network Application Part

### SS7 signalizacijska mreža

Čvorišta koja generiraju i primaju odnosno čitaju signalizacijske informacije nazivaju se signalizacijske točke SP (Signalling Point). Između dvije signalizacijske točke odnosno čvorišta formira se link preko kojeg se šalju signalizacijske informacije – signalni link SL (Signal Link). Signalizacijske informacije između dva čvorišta razmjenjuju se po ovim linkovima.

Ovisno o tome da li je čvorište krajnje odredište signalne informacije, u signalizacijskoj mreži razlikujemo:

- signalizacijske točke SP (Signalling Point) – primaju i čitaju ili formiraju i šalju signalizacijske poruke
- signalizacijske transferne točke STP (Signalling Transfer Point) – prosljeđuju signalizacijske poruke prema određenoj signalizacijskoj točki SP.



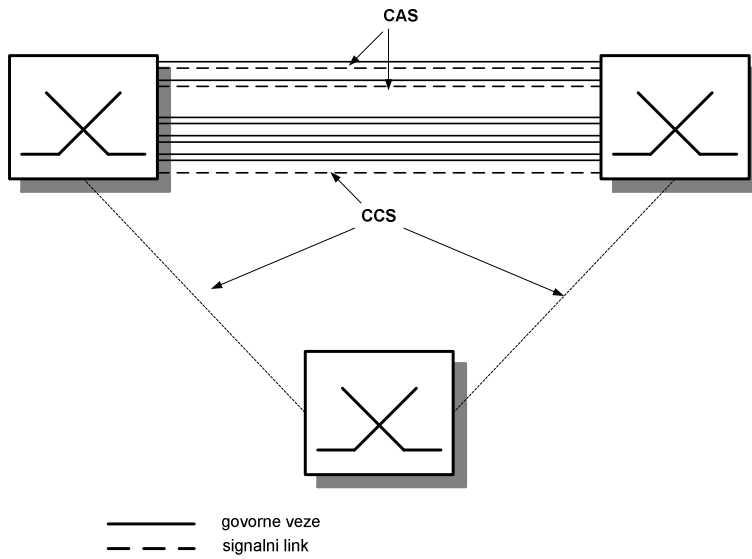
SS7 signalizacijski sustavi se upotrebljavaju u PSTN/ISDN mrežama te GSM/UMTS mrežama. U pokretnim mrežama treće generacije razlikujemo korisnički (user plane) i upravljački (control plane) protokolni složaj. GPRS/UMTS signalizacijske informacije prenose se upravljačkim protokolnim složajem.

#### 4.1.4. Signalizacija pridružena kanalu CAS

Kod CAS (Channel Associated Signalling) signalizacije korisnička informacija i signalna informacija združeni “putuju” kroz isti fizički put od jednog do drugog korisnika. Sustav CAS signalizacije sadrži linijske i registarske signale. Linijski signali sadrže informacije o zauzimanju linije, B-odgovoru itd. Linijski signali se prenose u 16-tom kanalu PCM okvira. Registarski signali se šalju pri uspostavi poziva i sadrže informaciju o A broju, B broju, stanju B pretplatnika itd. Registarski signali se prenose u kanalima 1-15 te 16-31 (0-ti kanal se upotrebljava za sinkronizaciju).

CAS signalizacijski sustavi – R1, R2, Sistem No5, DC



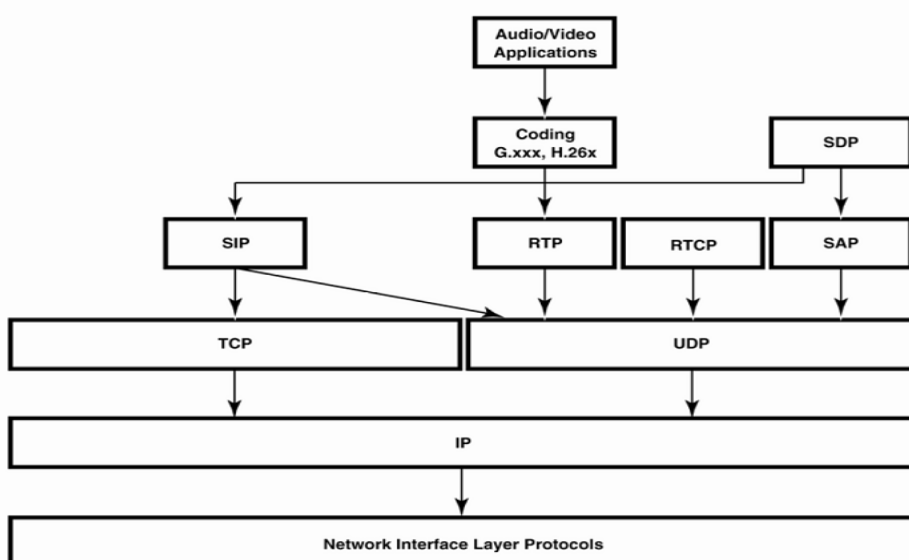


Ovaj tip signalizacije je nekad bio dominantan za prijenos upravljačkih informacija između komutacijskih čvorišta u PSTN mreža. U današnjim telekomunikacijskim mrežama ovaj tip signalizacije se koristi sve rjeđe.

#### 4.1.5. SIP protokol

SIP (Session Initiation Protocol) je signalizacijski protokol s *kraja na kraj* koji omogućava kreiranje, kontrolu i raskidanje sesije s jednim ili više korisnika. SIP signalizacijski protokol je klijent – server protokol koji djeluje na sloju aplikacije. Protokol omogućava realizaciju usluga kakve su u PSTN mreži uz dodatne mogućnosti, primjerice multimedijske.

Primjenjuje se zajedno sa drugim protokolima s ciljem realizacije usluge, primjerice RTP (Real-time Transport Protocol ) i SDP (Session Description Protocol). SIP protokol se temelji na HTTP protokolu.

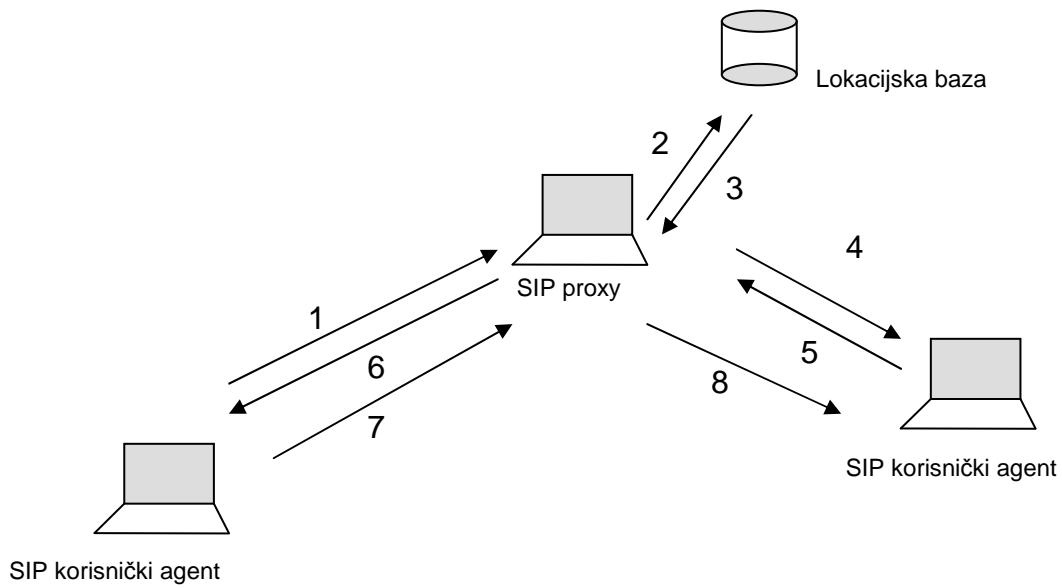


#### SIP mrežni elementi

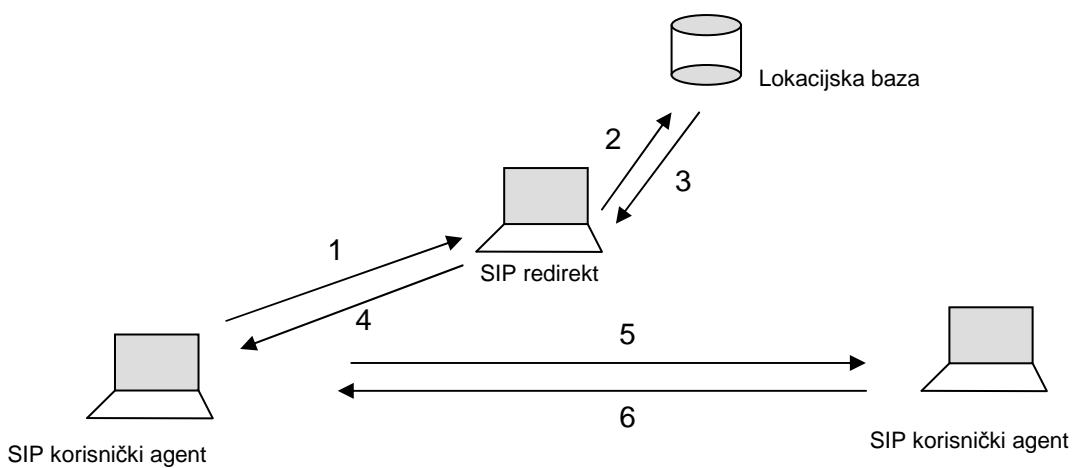
Elementi SIP mreže su korisnički agenti UA (User Agent) i poslužitelji. Korisnički agenti su aplikacije na krajnjim korisničkim uređajima. Korisnički agent se sastoji od UAC klijenta (User Agent Client) i UAS poslužitelja (User Agent Server). UAC klijent šalje zahtjev te odgovor dok UAS poslužitelj prima zahtjeve i šalje odgovore. Prisutnost UAC klijenta i UAS poslužitelja u jednom UA terminalu omogućava izravnu komunikaciju između dva korisnička terminala.

Definirana su tri tipa SIP poslužitelja; registracijski poslužitelj, proxy poslužitelj i redirect poslužitelj. Postoje dva moda rada; SIP proxy mod te SIP redirect mod.

Kod SIP proxy načina rada, korisnički agent šalje SIP poruke proxy poslužitelju koji poruke usmjerava u skladu sa trenutnom lokacijom pozvanog korisnika. Kod ovog načina rada, proxy poslužitelj može raditi na dva načina; „statful“, gdje SIP proxy poslužitelj ima informaciju o stanju transakcije, te „stateless“, gdje SIP proxy poslužitelj nema informaciju o stanju transakcije.



Kod redirekt načina rada, korisnički agent šalje SIP poruke prema redirekt poslužitelju koji, nakon pretrage u lokacijskoj bazi, korisničkom agentu vraća informaciju o lokaciji pozvanog korisnika.



SIP protokol se koristi u VoIP NGN mrežama te u IMS mrežama za uspostavljanje, kontrolu i raskidanje poziva. Pored SIP protokola, komunikacija između dva korisnika s kraja na kraj u VoIP mrežama može se realizirati i pomoću H323 protokola (ITU-T standard).

U modernim telekomunikacijskim mrežama sve više je u primjeni Diameter protokol. Diameter protokol je postao standard za razmjenu korisničkih informacija između raznih mrežnih elemenata te se primjenjuje za autentifikaciju, autorizaciju, accounting i naplatu. Protokol je standardiziran za primjenu u IMS mreži te LTE/EPC mreži.

Pored navedenih signalizacijskih sustava, u primjeni je i niz drugih signalizacijskih sustava koji omogućavaju komunikaciju između raznih mrežnih elemenata. Primjerice, u NGN mrežama (Next Generation Network) primjenjuje se MGCP (Media Gateway Control Protocol) odnosno poboljšana verzija ovog protokola H.248 za komunikaciju kontrolera pretvornika medija i pretvornika medija. Za komunikaciju dva kontrolera pretvornika medija primjenjuje se BICC protokol (Bearer Independent Call Control).

U javnim mobilnim mrežama, za uspostavljanje podatkovne sesije u primjeni je GTP-C protokol (GPRS Tunnelling Protocol Control) (GPRS/UMTS/LTE).

## 5. Upravljanje kvalitetom usluga QoS

Pred današnje telekomunikacijske mreže postavljaju se zahtjevi za podrškom zahtijevane kvalitete usluga. Ovisno o vrsti usluge postavljaju se specifični zahtjevi. Drugim riječima, svaka vrsta usluge zahtijeva zadovoljavanje određenih QoS (Quality of Service) značajki.

Parametri koji određuju kvalitetu prijenosa informacija u mrežama s komutacijom paketa su; kašnjenje paketa, varijacije u kašnjenju paketa, gubitak paketa te pogreške pri prijenosu paketa

Do kašnjenja paketa u mreži dolazi prvenstveno uslijed prijenosa paketa odnosno propagacije te procesiranja paketa u čvorištima. Na kašnjenje još utječe i proces pakiranja paketa što ovisi o duljini paketa te brzini prijenosa.

Varijacije u kašnjenju se javljaju uslijed različitog vremena procesiranja paketa odnosno zadržavanja paketa u spremnicima komutacijskih čvorišta ili drugih mrežnih elemenata. Ovakvo zadržavanje ovisi o trenutnom mrežnom opterećenju što za posljedicu ima različita kašnjenja susjednih paketa.

Pri prijenosu informacija u obliku paketa moguć je gubitak pojedinih paketa što se negativno odražava na kvalitetu pojedinih usluga.

Zbog različitih utjecaja kojima je izložen signal pri prijenosu dolazi do pogrešaka odnosno prijenosa pogrešnih bitova. Stupanj pogreške se izražava kao omjer broja pogrešno prenesenih bitova i ukupnog broja prenesenih bitova BER (Bit Error Rate).

Danas postoji široki spektar telekomunikacijskih usluga čija je priroda s obzirom na zahtijevane parametre kvalitete različita. Primjerice, govorna usluga je osjetljive na kašnjenje i varijaciju kašnjenja paketa dok su, primjerice, video usluge osjetljive na gubitak paketa. S obzirom da se na današnje telekomunikacijske mreže postavljaju zahtjevi za podrškom raznih usluga definiraju se klase usluga tj QoS klase.

Klase usluge se u osnovi pridjeljuju određenom tipu prometa kako bi se u konačnici zadovoljila zahtijevana kvaliteta usluge. Isto tako diferencijacija prometa se može raditi po grupama korisnika da bi promet određene grupe korisnika dobio primjerice veći prioritet u mreži. Ovisno o primijenjenoj tehnologiji odnosno mreži koristi se razna QoS klasifikacija u telekomunikacijskom okruženju na raznim slojevima. Stoga je potrebno mapiranje QoS klasa na raznim slojevima te na granicama raznih mreža. Pri definiciji QoS klasa definiraju se karakteristični QoS atributi.

Komutacijski sustavi podržavaju nekoliko funkcija za QoS podršku:

- QoS pregovaranje (primjerice dogovor oko traženih i dostupnih parametara kvalitete između mrežnih elemenata ili krajnjih terminala i mrežnih elemenata),
- upravljanje redom čekanja
  - o postavljanje paketa u red čekanja u skladu sa pridijeljenom QoS klasom odnosno težinskim faktorom,
  - o odbacivanje paketa u slučaju zagušenja,

- QoS mapiranje – konverzija QoS atributa raznih nosioca na rubovima raznih mreža,
- markiranje i remarkiranje paketa na rubovima raznih mreža,
- mehanizmi kontrole preopterećenja.

### *Primjeri QoS klasifikacije*

U ATM mreži podržane su QoS klase sa raznim parametrima prometa:

- CBR(Constant Bit Rate),
- VBR-rt (Variable Bit Rate – real time),
- VBR-nrt (Variable Bit Rate – non-real time),
- ABR (Available Bit Rate),
- UBR (Unspecified Bit Rate).

Na IP razini gdje se primjenjuje DiffServ klasifikacija prometa definirane su različite PBH (Per Hop Behavior) grupe za različite aplikacije. Najčešće korištene su:

- Class Selector (CS) PHB,
- Expedited Forwarding (EF) PHB,
- Assured Forwarding (AF) PHB,
- BE (Best Effort) PHB.

U UMTS mreži definirane su četiri QoS klase sa pripadnim atributima:

- conversational class,
- streaming class,
- interactive class,
- background class

U LTE mreži definirano sedam QoS klase za usluge koje zahtijevaju garantirane brzine te usluge koje ne zahtijevaju garantirane brzine; GBR, non-GBR.

## 6. Održavanje i upravljanje komutacijskih sustava

U današnjim komunikacijskim mrežama napušta se sustav distribuiranog upravljanja sustavom a teži se centraliziranom upravljanju pomoću jedinstvenog upravljačkog i nadzornog centra. Ovakav centar obuhvaća funkcije održavanja, nadzora te upravljanja telekomunikacijskim odnosno komutacijskim sustavima.

Dva osnovna pristupa održavanju sustava su:

- preventivno održavanje
- korektivno održavanje

Preventivno održavanje podrazumijeva niz rutinskih operacija za provjeru potencijalnih izvora greški prije nego što se greška pojavi. Ovakav pristup zahtijeva veliki napor sustava održavanja uključujući ljudski potencijal.

Korektivno održavanje podrazumijeva niz postupaka za otklanjanje greške nakon što se pojavila greška na sustavu. Ovakav pristup zahtijeva manji napor sustava za održavanje ali rezultira lošijom kvalitetom usluge u odnosu na pristup preventivnog održavanja.

Kako niti jedno jedan od pristupa održavanja ne zadovoljava u potpunosti, najčešći je pristup kombiniranog preventivno – korektivnog održavanja kojemu je cilj uz što manji napor dobiti zadovoljavajuću kvalitetu usluge. Ovakav pristup uključuje kontinuirani nadzor hardvera, automatsko lociranje greške te generiranje alarma. Sustav generira alarm ukoliko greška dosegne određeni nivo.

### 6.1. Nadzorni sustav OSS

Upravljanje i održavanja komutacijskih i prijenosnih sustava omogućeno je preko OSS sustava (Operation Support System). OSS sustav čini skup servera sa podržanim aplikacijama preko kojih je moguć nadzor, upravljanje i održavanje pojedinih mrežnih elemenata pa tako i komutacijskih čvorišta.

Osnovne značajke koje treba zadovoljiti svaki moderni OSS sustav su:

- upravljanje konfiguracijom CM (Configuration Management)
- upravljanje alarmima FM (Fault Management)
- upravljanje performansama mreže PM (Performance Management)
- upravljanje sigurnošću SM (Security Management)

#### *Upravljanje konfiguracijom CM*

OSS sustav treba podržavati aplikaciju preko koje osoblje odgovorno za održavanje i upravljanje mrežnih elemenata nadzire i upravlja pojedinim mrežnim elementima. Uobičajen je GUI pristup (Graphical User Interface) odnosno aplikacija koja podržava

kombinaciju grafičkog i komandnog (Language) načina upravljanja mrežnim čvorištima.

### *Upravljanje alarmima FM*

Aplikacija za upravljanje alarmima OSS sustava omogućuje neprekidni nadzor stanja svih dijelova svakog pojedinog čvorišta. U slučaju pogreške na bilo kojem dijelu, čvorište generira alarmni ispis. Na osnovu alarmnog ispisa osoblje poduzima odgovarajuće korake u skladu sa procedurama za otklanjanje pogreške. Nakon otklanjanja pogreške sustav generira potvrdu o prestanku postojanja pogreške odnosno alarma.

Općenito, alarmi na komutacijskom čvorištu se dijele na:

- automatski inicirane alarme – u slučaju nepravilnosti pojedinih dijelova sustava (pogreške sklopovlja ili pogreške u programskoj podršci).
- alarme koji su rezultat intervencije osoblja na sustavu

Pored alarma koji se izravno odnose na pogreške unutar samog čvorišta, komutacijsko čvorište je odgovorno i za generiranje vanjskih (eksternih) alarma – alarmi napajanja, klimatizacije, kontrole pristupa čvorištu i slično.

U mrežama sa velikim brojem raznih mrežnih elemenata uobičajeno je postojanje tzv Umbrella sustava odnosno krovnog alarmnog sustava koji prikuplja alarme sa svih OSS sustava odnosno svih mrežnih elemenata u mreži. Tipičan „alarmni“ protokoli je SNMP (Simple Network Management Protocol).

### *Upravljanje performansama PM*

Aplikacija za upravljanje performansama komutacijskog sustava omogućuje neprekidno praćenje performansi svih dijelova sustava. Svaki komutacijski sustav sadrži podsustav za mjerenje i izvješćivanje u kojem se pohranjuju brojači (counter). Zadaća PM aplikacije je prikupljanje i obrada brojača sa komutacijskih sustava.

Za svaku bitnu operaciju komutacijskog sustava definira se KPI indikator (Key Performanse Indicator). KPI indikator čini skup unaprijed definiranih brojača koji ukazuju na uspješnost pojedine operacije komutacijskog čvorišta. Primjerice KPI indikator može biti „uspješnost prospojenih veza“ ili „vrijeme uspostavljanja veze“ i slično.

### *Upravljanje sigurnošću SM*

Aplikacija za upravljanje sigurnošću omogućava kontrolu pristupa OSS sustava. Pristupom na OSS sustav ujedno je omogućen i pristup na mrežna čvorišta. Stoga je upravljanje sigurnošću nezaobilazna aplikacija OSS sustava. Pomoću aplikacije je moguće definirati korisnike OSS sustava sa pridjeljenim sigurnosnim razinama. Primjerice pojedini korisnici imaju pristup samo aplikaciji za upravljanje alarmima dok



neki drugi korisnici imaju pristup i aplikaciji za upravljanje konfiguracijom i slično. Unutar svake aplikacije također je moguće definirati razinu pristupa.

Pored OSS sustava, uobičajeno je postojanje lokalnog terminala koji je povezan na svako pojedino čvorište. Na ovaj način se izbjegava ne mogućnost upravljanja čvorištima u slučaju ispada OSS sustava. Lokalni terminali trebaju imati osnove aplikacije slične onima OSS sustava kao što su aplikacija za upravljanje konfiguracije te aplikacija za upravljanje alarmima.

### *Eksploatacija i održavanje komutacijskog sustava*

Osnovni zadatak osoblja komutacijskog sustava zaduženog za održavanje sustava je prije svega preventivna aktivnost zatim detekcija greške, lokaliziranje greške te konačno otklanjanje greške.

Pod eksploatacijom sustava podrazumijevaju se sve akcije koje se poduzimaju kako bi se zadovoljili svi korisnički zahtjevi, zahtjevi za prilagodbu sustava u mreži, zatim zahtjevi za tarifiranjem te kako bi se ostvarilo kvalitetno prikupljanje prometnih i statističkih podataka u svrhu planiranja sustava.

Funkcije održavanja i eksploatacije mogu se podijeliti u četiri kategorije:

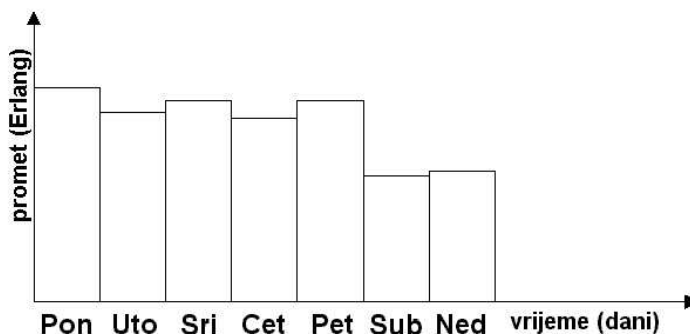
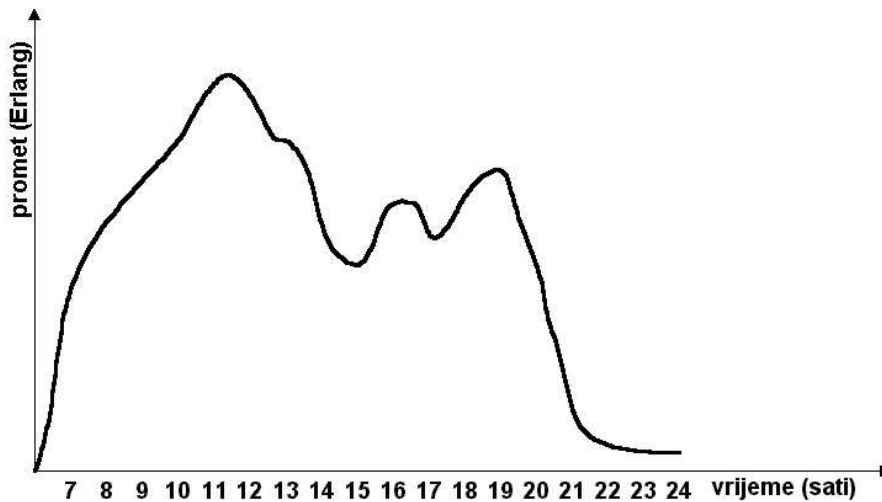
- nadzor sustava - stalno praćenje svih dijelova sustava,
- testiranje i lokaliziranje greški – funkcije testiranja i dijagnosticiranja greške,
- administriranje – promjene u konfiguraciji,
- nadzor prometa - mjerenje prometa i statistika.

## 7. Telekomunikacijski promet

Predviđanje telekomunikacijskog prometa omogućava kvalitetno planiranje odnosno *dimenzioniranje* potrebnih resursa (prijenosnih kapaciteta te kapaciteta komutacijskih sustava) kako bi se zadovoljila željena kvaliteta usluge.

Stalno praćenje odnosno mjerenje i analiza telekomunikacijskog prometa omogućava *optimizaciju* postojećih mrežnih resursa što u konačnici rezultira zadovoljavajućom kvalitetom usluge.

Telekomunikacijski promet promatranog sustava ili mreže varira ovisno o dobi dana, tjedna pa i godišnjem dobu te o specifičnim događajima kao što su praznici, razna TV ili radio glasovanja i igre i slično. Na slikama su prikazan primjer dnevne varijacija prometa te tjedne varijacije prometa.



## 7.1. Glavni prometni sat

Promet koji posluhuje telekomunikacijski sustav moze varirati ovisno o satu u danu ili danu u tjednu pa cak i ovisno o mjesecu u godini. U prometnoj analizi veliki se znacaj pridaje kvaliteti posluhivanja u vremenu kada je sustav najoptereceniji. Vremenski period od jednog sata u kojem promatrani telekomunikacijski sustav posluhuje najveći prometni obujam naziva se *glavni prometni sat PBH (Peak Busy Hour)*. Telekomunikacijski sustav mora osigurati kvalitetnu uslugu cijelo vrijeme posluhivanja. Ukoliko su promatrani parametri pojedine telekomunikacijske usluge zadovoljavajući u vrijeme glavnog prometnog sata, za ocekivati je da ce isti biti barem jednako kvalitetni u vremenu kada sustav obrađuje manju količinu prometa.

U praksi se u prometnoj analizi kao glavni prometni sat obično uzima period od 60 minuta između dva puna sata radi jednostavnijeg mjerenja i analize mjerenja. U pojedinim sustavima je potrebno definirati glavni prometni sat detaljnije, primjerice na osnovi mjerenja svakih 15 minuta. Za sustave u kojima promet značajno varira svakih 15 minuta definira se glavna prometna četvrtina sata – *PBQ (Peak Busy Quater)*. Glavni prometni sat odnosno četvrtina moze ovisiti o danu u tjednu ili o mjesecu.

## 7.2. Zagušenje

Kada telekomunikacijski sustav ne moze obraditi zahtijevanu količinu prometa nastaje *zagušenje (congestion)*. S gledišta komutacijskog čvorišta najčešći oblik zagušenja je zagušenje na sučeljima (vodovima) između dva čvorišta. Pored ovakvog zagušenja moguće je i zagušenje unutar komutacijskog sustava. Razlikujemo dva tipa zagušenja:

- vremensko zagušenje
- zagušenje poziva

Vremensko zagušenje je vremenski period od kada je zauzet posljednji slobodni resurs do trenutka oslobađanja prvog resursa.

Zagušenje poziva je vremenski period između trenutka dolaska prvog poziva kada su već svi resursi zauzeti i trenutka oslobađanja prvog resursa.

Ovisno o načinu na koji komutacijsko čvorište tretira „prekobrojne“ pozive odnosno zahtjeve za vezom razlikujemo:

- sustave s gubicima
- sustave s kašnjenjem

Komutacijski sustav s gubicima odbacuje svaki pokušaj uspostavljanja veze kada su svi resursi zauzeti odnosno odbacuje svaki prekobrojni poziv. Za uspostavu veze potreban je novi pokušaj.

Komutacijski sustav s kašnjenjem u slučaju zauzetosti svih resursa, prekobrojne pozive postavlja u red čekanja dok se ne oslobode resursi koji mogu poslužiti vezu.

Kada se oslobodi prvi resurs poslužuje se prvi poziv koji je stavljen na čekanje. Vrijeme čekanja poziva u redu definira se na svakom komutacijskom čvorištu.

Današnja komutacijska čvorišta u slučaju zagušenja koriste oba pristupa odnosno i sustav s gubicima i sustav s kašnjenjem. Koji princip će čvorište koristiti ovisi o prirodi veze između dva komutacijska čvorišta te o tipu čvorišta odnosno prijenosa informacije – komutacija kanala i paketa.

### **7.3. Jedinica telekomunikacijskog prometa Erlang**

Međunarodna jedinica telekomunikacijskog prometa je 1 Erlang. Erlang je jedinica koja ukazuje na zauzetost telekomunikacijskog resursa (sustava). Promatrani telekomunikacijski sustav može ostvariti od 0-1 Erlanga u promatranom vremenu.

Kod telekomunikacijskog sustava s komutacijom kanala Erlang ukazuje na vremensku zauzetost promatranog sustava. Primjerice, ukoliko je jedan vod zauzet cijelo vrijeme promatranja tada on ostvaruje promet od 1 Erlanga. Često je zanimljivo mjerenje telekomunikacijskog prometa za više vodova. U tom slučaju skupni promatrani promet može iznositi više od jednog Erlanga. Najčešći vremenski period promatranja je 1 sat ili 15 minuta.

Da bi komutacijski sustav s komutacijom kanala bio raspoloživ potrebno je imati onoliko spojnih vodova između čvorišta koliko je teorijski moguće uspostaviti veza prema drugim čvorištima – broj korisnika koje čvorište poslužuje. Kako to nije moguće potrebno je pravilno dimenzionirati vodove između čvorišta kako bi vjerojatnost zagušenja bila što manja.

Stoga se definira kvaliteta usluge QOS (Quality of Services). Kvaliteta usluge se može definirati kao omjer broja neuspješnih poziva i ukupnog broja poziva.

Za dimenzioniranje spojnih vodova između dva komutacijska čvorišta koristi se Erlang B formula odnosno Erlang B tablice. Erlang B tablice se koriste za proračun jednog od tri parametra:

- zahtijevana kvaliteta usluge (%)
- potreban broj vodova
- promet (Erlang)

Potrebno je poznavati dva parametra da bi se dobio treći parametar. Primjerice, ukoliko je poznat očekivani promet po korisniku, za željenu kvalitetu usluge potreban je odgovarajući broj korisnika.

Za sustave s čekanjem upotrebljava se Erlang C formula. Formula omogućava proračun potrebnog broja spojnih vodova te broja agenata uz očekivano vrijeme čekanja. Ova formula se često koristi za proračun vremena čekanja u pozivnim centrima (Call Center) – vrijeme od uspostavljanja poziva do javljanja agenta pozivnog centra.

Kod komutacijskih sustava s komutacijom paketa Erlang ukazuje na iskorištenost dostupne pojasne širine. Primjerice ukoliko spojni vod između dva čvorišta ima pojasnu širinu od 512 kb/s a u promatranom vremenu se prenese 256 kb/s tada kažemo da sustav (spojni vod) ostvaruje promet od 0,5 Erlanga

S obzirom da različite aplikacije uzrokuju različite prometne tokove, paketski promet se u skladu sa svojim karakteristikama kategorizira prema određenim klasama. Prometni tokovi sa sličnim svojstvima se svrstavaju u iste kategorije odnosno QoS klase. U skladu sa osnovnim značajkama svake prometne kategorije definirana je kvaliteta usluge QoS.

Usluge u realnom vremenu, primjerice audio i video aplikacije, imaju zahtjeve u pogledu garancije prijenosne brzine, mali omjer izgubljenih paketa te malo kašnjenje i varijaciju kašnjenja. Ovakve usluge ne podnose korekciju greške radi stvarnog tj realnog vremena u kojemu se aplikacija odvija. Usluge u nerealnom vremenu, primjerice prijenos datoteka, Web, email, zahtijevaju zadovoljenje minimalne pojasne širine veze te mali omjer izgubljenih paketa. Kod ovakvog prometa moguća je korekcija greške.

#### **7.4. Prometni model**

Za predviđanje telekomunikacijskog prometa odnosno pravilno dimenzioniranje telekomunikacijskog sustava upotrebljavaju se prometni modeli.

Prometni model je skup mjerenih te izračunatih parametara koji ukazuju na ponašanje korisnika mreže a na temelju kojeg je moguće izračunati očekivani telekomunikacijski promet te definirati ponuđeni telekomunikacijski promet.

Parametri prometnog modela ovise o vrsti sustava koji se dimenzionira. Primjerice, za dimenzioniranje komutacijskog sustava u javnim mobilnim mrežama jedan od parametara prometnog modela je „broj isporučenih SMS poruka po korisniku u promatranom vremenskom periodu“ dok je za dimenzioniranje komutacijskog sustava koji poslužuje podatkovni promet jedan od parametara prometnog modela „broj iniciranih sesija od strane korisnika u promatranom vremenskom periodu“.

Pri proračunu prometnog modela potrebno je uzeti u obzir trenutno ponašanje korisnika sustava odnosno mreže u glavnom prometnom satu te očekivanu promjenu ponašanja korisnika sustava/mreže u vremenu za koje se dimenzionira sustav.

Telekomunikacijski sustav se dimenzionira na temelju definiranog prometnog modela koji se računa za glavni prometni sat. Međutim, pri dimenzioniranju je potrebno uzeti u obzir specifične događaje uslijed kojih određeni parametri prometnog modela izlaze iz definiranih okvira – primjerice broj govornih poziva za Novu Godinu u javnim telekomunikacijskim mrežama. Stoga je pri dimenzioniranju sustava potrebno uzeti u obzir specifičnosti ovakvih događaja.