

### **1. Objasnite što je IPTV i koja je razlika između IPTV-a i internetske televizije.**

IPTV je sustav u kome se digitalni televizijski signali prenose do korisnika uz uporabu protokola IP (IP, *Internet Protocol*) koristeći širokopojasnu mrežnu infrastrukturu telekomunikacijskih operatora i/ili davatelja internetskih usluga (ISP, *Internet Service Provider*). Davatelj IPTV usluge najčešće rabi zatvorenu mrežnu infrastrukturu u kojoj je usluga dostupna samo pretplatnicima.

IPTV je definirana kao skup multimedijских usluga kao što su televizija/video/audio/tekst/grafika/podaci dostavljenih putem mreže temeljene na protokolu IP kojom se upravlja tako da omogućiti zahtjevanu razinu kvalitete usluge i doživljaja, sigurnost, interaktivnost i pouzdanost.

Internetska televizija (*Internet Television*)

IPTV se odnosi na uslugu prijenosa videosignala putem Interneta pri čemu je usluga najčešće javno dostupna, a davatelj usluge nema kontrolu nad kvalitetom usluge dostavljene korisniku (gledatelji odabiru što žele gledati iz biblioteke videosekvenci pohranjenih na poslužitelju, a za prijenos se rabi postojeća mrežna infrastruktura (npr. YouTube))

– televizijske kuće širom svijeta emitiraju svoje programe namijenjene radiodifuziji putem Interneta (*broadcast IPTV*) (za prijam je potrebno imati širokopojasnu vezu na Internet, osobno računalo i odgovarajuću programsku podršku; programi lokalnih televizijskih postaja postaju globalno dostupni)

### **2. Navedite prednosti i nedostatke IPTV-a u odnosu na ostale konkurentske tehnologije za distribuciju TV signala.**

• prednosti IPTV u odnosu na konkurentske tehnologije (kabelska i satelitska televizija) za distribuciju televizijskog signala:

- fleksibilnost mreža temeljenih na protokolu IP
- pristupačne cijene mrežnih uređaja i opreme
- općeprihvaćenost protokola IP
- mogućnost dvosmjerne komunikacije i interaktivnosti

• nedostaci IPTV u odnosu na konkurentske tehnologije

- očekivanje da su svi sadržaji na Internetu besplatni
- potreba za promjenom navika gledatelja
- mrežni “jitter”
- potreba za dodjeljivanjem prioriteta paketima
- uporaba relativno novih i nedovoljno provjerenih tehnologija

### **3. Skicirajte opću shemu IPTV sustava i objasnite ulogu pojedinih dijelova sustava.**

• Glavna postaja (*Video Head End*):

- dio IPTV sustava u kome se obavlja prijam televizijskih i radijskih programa iz drugih mreža i komunikacijskih sustava te njihova obrada (radijski i televizijski programi se preuzimaju iz zemaljskog ili satelitskog radiodifuzijskog sustava ili izravno iz pojedine televizijske kuće; primljeni signali se pripremaju za daljnju distribuciju preko IP mreže)
- glavna postaja može uključivati i poslužitelje za VOD uslugu

- svaki pojedini program kodira se skladu s odabranom normom za kodiranje audiosignala i videosignala (najčešće korištene norme za kodiranje videosignala su MPEG-2, H.264/AVC i VC-1, a za kodiranje audiosignala MPEG-1 Layer II, MPEG-2 Layer II, AC-3 (*Dolby Digital*))
  - nakon kodiranja, programi se u obliku paketa šalju IP mrežom
  - za slanje se koriste dvije tehnologije: *unicast* (poslužitelj podatke šalje jednom korisniku unutar mreže) i *multicast* (poslužitelj podatke šalje grupi korisnika)
- Jezgrena i rubna dio mreže (*Service Provider Core/Edge Network*)
    - svaka od ovih mreža je jedinstvena za davatelje usluge i obično uključuje opremu različitih dobavljača
    - najčešće se radi o kombinaciji već postojećih IP mreža i IP mreža namijenjenih samo za prijenos videosadržaja
    - rubni dio mreže povezan je s pristupnom mrežom
  - Pristupna mreža (*Access Network*)
    - predstavlja vezu između davatelja usluge i krajnjeg korisnika
    - često se naziva i «posljednja milja» (*The Last Mile*)
    - za ostvarivanje širokopojasne veze između davatelja usluge i korisnika može se koristiti nekoliko tehnologija (tehnologije digitalne pretplatničke linije (*Digital Subscriber Line*), pasivna optička mreža (PON, *Passive Optical Network*))
  - Kućna mreža i korisničko sučelje (*Home Network/User Interface*)
    - mreža unutar prostora u kojem korisnik boravi
    - IPTV zahtijeva širokopojasnu mrežnu infrastrukturu otpornu na smetnje, a to je najlakše ostvariti uporabom vođenih prijenosnih medija (kabeli i parice)
    - IPTV klijent (*IPTV Client*) je funkcionalna jedinica kojom završava IPTV promet u korisničkom prostoru
    - to je korisnički uređaj (STB, *Set-Top Box*) koji uključuje prijamnik digitalnog TV signala te ispunjava funkcije poput uspostavljanja veze, dekodiranja audio/videopodataka, promjene kanala, upravljačkog zaslona, te priključivanja uređaja za prikazivanje slike u standardnoj (SDTV) ili visokoj (HDTV) kvaliteti

#### 4. Objasnite razliku između *unicast* i *multicast* tehnologije u IPTV sustavu.

- IPTV s *unicast* tehnologijom
  - svaki tok videopodataka poslan je točno određenom korisniku
  - ukoliko više korisnika zatraži jednak tok podataka, poslužitelj svakome šalje njegov tok kroz cijelu mrežu
  - svaki paket sadrži odredišnu IP adresu, a do odredišta putuje s minimalnim izmjenama, poput smanjenja TTL (*Time To Live*) polja
  - klijent najprije šalje zahtjev za određenim videosadržajem, a poslužitelj ga zatim šalje na njegovu IP adresu
  - porastom broja klijenata, raste i opterećenje poslužitelja koji svakog klijenta poslužuje sa zasebnim tokom podataka

- raste i prometno opterećenje u mreži koja mora biti vrlo velikog kapaciteta (ukoliko 20 različitih klijenata zatraži tok podataka od 2,5 Mbit/s, propusnost mreže mora biti barem 50 Mbit/s)
- važna prednost *unicast* tehnologije je u tome što gledatelj može upravljati sa sadržajem kojeg je zatražio (omogućene su mu usluge poput pauziranja, premotavanja ili ubrzavanja videosadržaja (podrazumijeva se da su ove usluge moguće samo kod već snimljenog sadržaja))

- IPTV s *multicast* tehnologijom

- poslužitelj šalje tok videopodataka koji se zatim, koristeći određene protokole, multiplicira u nekoj točki unutar mreže i šalje određenoj grupi korisnika
- *multicast* paketima su dodijeljene posebne adrese rezervirane za višesmjerno odašiljanje na temelju kojih su paketi pravilno usmjereni
- posebni protokoli postoje i na korisničkoj strani, a omogućavaju korisniku da od mreže zatraži sadržaj, tj. da prima *multicast* pakete
- veliki broj mrežnih uređaja ima mogućnost višesmjernog odašiljanja, ali u mnogim mrežama ona nije aktivirana (razlog je veliko opterećenje uređaja za vrijeme višesmjernog odašiljanja - npr. usmjeritelj s 12 klijenata na portovima kojima treba *multicastom* poslati isti sadržaj – zadatak usmjeritelja je napraviti 12 kopija svakog paketa te oslušivati da li postoji novi klijent s istim zahtjevom ili neki od postojećih želi prekinuti vezu – ovim funkcijama obično upravlja softver, pa opterećenje procesora može biti značajno)
- *multicast* se odvija samo u jednom smjeru i ne postoji mehanizam koji bi prikupljao podatke od svakog korisnika i slao ih natrag do glavne postaje (komunikacija između krajnjih točaka u mreži, tj. veza klijent-poslužitelj, mora biti ostvarena na neki drugi način

## 5. Navedite i objasnite funkcije glavne postaje povezane s videosignalom.

Funkcije glavne postaje povezane s videosignalom:

- prijam videosignala (*video acquisition*)
- obrada videosignala (*video processing*)
- kodiranje videosignala (*video encoding*)
- upravljanje videosadržajima (*video management*)

- prijam videosignala – antenski sustav i prijamnici za prijam signala iz različitih sustava
- kodiranje videosignala – određuje kvalitetu slike na mjestu prijama i zato predstavlja ključnu komponentu glavne postaje – cilj: postizanje što bolje kvalitete slike uz uporabu minimalne širine pojasa
- obrada videosignala – pretvorba formata radi prikazivanja istog sadržaja u različitim rezolucijama (*transrating*) i na različitim uređajima za prikazivanje slike (HD-televizori, SD-televizori, mobilni uređaji) – ubacivanje regionalnih i lokalnih reklamnih poruka – podešavanje razina audio/videosignala radi njihova ujednačavanja u svim kanalima
- upravljanje videosignalom – nadzor, pristup, konfiguriranje i upravljanje mrežnim uređajima u glavnoj postaji, detekcija pogrešaka, praćenje stanja u mreži

**6. Objasnite ulogu IGMP protokola u IPTV sustavu (kojoj vrsti protokola pripada, čemu služi, u kojem dijelu IPTV sustava se implementira).**

- IGMP (*Internet Group Management Protocol*)
  - signalizacijski protokol za višedrešno (*multicast*) odašiljanje koji omogućava djelotvorno iskorištenje prijenosnih kapaciteta mreže
  - služi za realizaciju usluge odašiljanja i prijama videosignala ili npr. za "online" igre, pri čemu bolje iskorištava mrežne resurse
  - koristi se kod IPTV televizije:
    - kada programski sustav primi zahtjev za promjenom kanala, on "pregleda" bazu korisnika i kada se potvrdi da dotični korisnik ima pravo gledati traženi kanal, na njegovom lokalnom usmjerivaču/komutatoru kanal se dodaje na distribucijsku listu
    - nataj način se samo programi koji se trenutno gledaju šalju s mrežnoga čvorišta prema DSLAM-u (*Digital Subscriber Line Access Multiplexer*) krajnjeg korisnika
  - IGMP poruke se umeću u IP paket, s IP protokolom od verzije broj 2 (v2)
  - v3 u IGMP dodaje podršku za filtriranje izvora
  - IGMP se koristi u lokalnoj mreži, dok protokol PIM (*Protocol Independent Multicast*) služi kao veza lokalnog i udaljenog višedrešnog usmjerivača za usmjeravanje podataka do više odredišnih računala

**7. Objasnite osnovne značajke TCP protokola.**

- dizajniran je tako da osigura *pouzdan* tok podataka s jednog do drugog kraja (spojni protokol) po nepouzdanim mrežama koje se mogu razlikovati po topologiji, propusnosti, kašnjenju, veličini paketa,...
- svako računalo koje podržava TCP ima TCP prijenosni entitet (dio softvera) kao proceduru, korisnički proces ili kao dio jezgre
  - TCP prijenosni entitet upravlja TCP tokovima (*streams*) i sučeljima prema IP sloju
  - TCP entitet prihvaća tok podataka lokalnih procesa korisnika, rastavlja ga na dijelove koji ne prelaze 64kB i šalje svaki dio kao posebni IP datagram
  - kada IP datagrami sa TCP podacima stignu na drugi kraj, predaju se TCP entitetu koji obnavlja originalni tok podataka
- TCP mora osigurati pouzdanost (bez pogrešaka, bez višestrukosti, ne smije biti gubitka podataka ni promjene redoslijeda) koju ne omogućuje IP
- logička veza između procesa definirana je parom 16-bitnih transportnih adresa, koje se nazivaju vrata (port)
- na razini cijelog Interneta unaprijed su definirani brojevi tzv. dobro znanih vrata (*well known ports*) za standardne internetske usluge
- brojevi vrata dijele se u 3 skupine:
  - dobro znana vrata (raspon 0-1023)
  - registrirana vrata (raspon 1024-49151)
  - dinamički dodijeljena i privatna vrata (raspon 49152-65535)
- **izvorišna** (*source*) **vrata** (port)
- **odredišna** (*destination*) **vrata** (port)
- **redni broj** (*sequence number*) – redni broj bajta koji je prvi u promatranom paketu

- **broj potvrde** (*acknowledgement number*) - određuje sljedeći bajt koji se očekuje
- **dužina zaglavlja** (*TCP header length*) - koliko 32-bitnih riječi ima zaglavlje
- 6-bitno polje koje se ne koristi
- 6 jednobitnih zastavica za hitno slanje (**URG**), potvrdu primitka (**ACK**), pražnjenje *buffera* (**PSH**), resetiranje veze (**RST**), sinkronizaciju rednih brojeva (**SYN**), oslobađanje veze (**FIN**)
- **veličina prozora** (*window size*) - koliko se bajtova može poslati počevši od potvrđenog bajta
- **kontrolni zbroj** (*checksum*) za provjeru ispravnosti i TCP zaglavlja i podataka koji slijede
  - primjenjuje se nad zaglavljem, podacima i tzv. pseudozaglavljem (uključuje polja IP zaglavlja: izvorišnu i odredišnu adresu i protokol, plus TCP duljina segmenata) -> osigurava se od pogrešnog dostavljanja od strane IP
- **pokazivač hitnosti** (*urgent pointer*)
- **opcije** (*options*) - za uključivanje dodatnih mogućnosti kojih normalno nema u zaglavlju, npr. host može navesti maksimalnu dozvoljenu veličinu TCP segmenata koje prihvaća

## 8. Objasnite osnovne značajke UDP protokola.

- nadograđuje se na IP tako da dodaje protokolu IP adresiranje portova
- nespojni protokol koji omogućuje slanje IP datagrama s dodanim kratkim zaglavljem bez potrebe da se uspostavi veza
- koriste ga, na primjer, mnoge klijent-server aplikacije (npr. DNS) s jednim zahtjevom (*request*) i jednim odgovorom (*response*) - ne treba inicijalno uspostavljanje veze
- izvorišna vrata i odredišna vrata – služe za identifikaciju krajnjih točaka (kao kod TCP-a)
- ukupna UDP dužina – uključuje 8-bajtno zaglavlje i podatke
- kontrolni zbroj – isti algoritam kao kod TCP; opsijsko polje (0 ako se ne koristi)
- UDP nije pouzdan protokol
- služi tamo gdje nam je bitno da nema velikih kašnjenja u prijenosu (npr. video, audio)
- ne šalje ponovno bajtove ukoliko se neki izgube
- UDP protokol služi samo kao veza IP protokola i aplikacijskog sloja

## 9. Objasnite osnovne značajke RTP protokola.

- RTP (*Real-time Transfer Protocol*) protokol čini osnovu koja omogućava prijenos videosignala u stvarnom vremenu kroz IP mrežni sustav
- ovaj opsijski protokol koristi se kod velikog broja IPTV aplikacija
- služi kao *posrednik* između H.264/AVC ili MPEG-2 kodiranog sadržaja u višem slojevima (aplikacijski sloj) i nižih slojeva (transportni sloj) u IPTV komunikacijskom modelu
- RTP isporučuje audio i videopodatke od točke do točke u obliku paketa
- svaki paket sadrži zaglavlje i područje s podacima, a da bi se povećala efikasnost u podatkovno područje se uključuje više od jednog MPEG TS toka podataka
- zaglavlje sadrži podatke koji su neophodni za uspješan prijenos signala u stvarnom vremenu unutar sustava
- RTP protokol obično upotrebljava parne portove između 16384 i 32767
- dvije glavne prednosti RTP protokola su:
  - svakom paketu dodaje redni broj (*Sequence Number*) kako bi omogućio prijamnoj strani detekciju izgubljenih paketa i preraspoređivanje paketa koji do prijarnika stignu pogrešnim rasporedom
  - sinkronizacija između odašiljačke i prijarnne strane (*SSRC identifier*)

- nakon što se na videopodatke doda RTP zaglavlje, RTP paketi se šalju TCP ili UDP protokolu na daljnju obradu
- **Verzija** (*Version*) – određuje verziju protokola; trenutna je verzija 2
- **Punjenje** (*Padding*) – određuje da li postoje dodatni bajtovi na kraju RTP paketa
- **Ekstenzija** (*Extension*) – određuje postojanje dodatnog zaglavlja između standardnog zaglavlja i korisnih podataka
- **CC** (*CSRC Count*) – broj CSRC identifikatora koji slijedi fiksno zaglavlje
- **Oznaka** (*Marker*) – određuje da li trenutno poslani korisni podaci imaju posbno značenje aplikacijskom sloju
- **Format podataka** (*Payload Type*) – određuje format korisnih podataka
- **Redni broj** (*Sequence Number*) – povećava se za 1 nakon svakog poslanog RTP paketa te služi da bi prijatelj detektirao gubitak paketa i preraspodijelio pakete u točan redoslijed
- **Vremenska oznaka** (*Timestamp*) – služi za sinkronizaciju odašiljačke i prijamne strane; opisuje prvi uzorak u RTP paketu podataka
- **Izvorišni broj** (*Synchronization source, SSRC*) - slučajno odabran broj koji jedinstveno određuje izvorište podataka; mora biti isti unutar iste sjednice
- **Dodatni izvorišni broj** (*Contributing Source, CSRC*) – trenutno izvorište podataka (maksimalno 15); određuje trenutno izvorište između više njih (npr. audiokonferencija – svi imaju isti SSRC dok CSRC određuje trenutnog govornika)
- **Dodatno zaglavlje** (*Extension header*)

## 10. Od čega se sastoji MDI (*Media Delivery Index*).

- MDI (*Media Delivery Index*)
- sastoji se od dvije komponente
  - faktor kašnjenja (DF, *Delay Factor*)
    - određen je *jitter-om* uzrokovanim promjenom vremenskog intervala potrebnog paketima za dolazak do odredišta
  - gubitak paketa (MLR, *Media Loss Rate*)
    - broj izgubljenih paketa u jednoj sekundi

## 11. Kako se određuje faktor kašnjenja (DF, *Delay Factor*).

- faktor kašnjenja (DF, *Delay Factor*)
- za svaki paket određuje se  $\Delta$  (količina podataka u virtualnom međuspremniku) kao razlika između broja primljenih bajtova i broja bajtova prosljeđenih dekomoderu
- tijekom određenog vremenskog intervala (npr. 1 s) određuje se najveća i najmanja vrijednost  $\Delta$  koja se podijeli s brzinom prijenosa dajući DF
- npr. brzina prijenosa MPEG toka podataka je 3,75 Mbit/s, u intervalu trajanja 1 sekunda najveća količina podataka u virtualnom spremniku je bila 3,75 Mb, a najmanja količina podataka u virtualnom spremniku je bila 3,74 Mb; DF je tada:
  - virtualni spremnik treba imati veličinu 15 kb, a izazvat će kašnjenje od 4 ms
  - prihvatljive vrijednosti za DF su od 9-50 ms (ovise o veličini međuspremnika i kvaliteti STB)

## 12. Koji je temeljni faktor koji određuje parametre kvalitete usluge na razini prijenosnog toka podataka u IPTV sustavu?

- parametri kvalitete usluge u glavnoj postaji ovise o:
  - vrsti videosadržaja
  - algoritmu za kompresiju
  - izvedbi koda
  - stupnju kompresije
- parametri kvalitete usluge na razini prijenosnog toka podataka određeni su *jitterom* PCR-a
  - *jitter* PCR-a treba biti manji od 10 ms
  - ekscesni *jitter* onemogućava sinkronizaciju dekodera s koderom
  - rezultat *jittera* su vizualna izobličenja (gubitak boje, gubitak sinkronizacije, "smrzavanje" slike, vidljivost blokova)
  - uzroci *jitter* PCR-a su:
    - promjenjivost kašnjenja pri prijenosu paketa u mreži
    - veličina međuspremnika na ulazu u dekođer
    - problemi pri transkodiranju
    - dodavanje sadržaja u lokalnim središtima

## 13. Navedite prednosti i nedostatke uporabe OFDM tehnike u radijskim sustavima.

- PREDNOSTI OFDM postupka
  - dobra svojstva u uvjetima izraženoga višestaznog prostiranja
    - kad je najveće kašnjenje signala manje od veličine zaštitnog intervala ne nastaju smetnje uzrokovane kašnjenjem signala
    - povoljne osobine u uvjetima kad su smetnje koncentrirane na uski pojas frekvencija (selektivni fading)
    - «napadnuti» su samo neki od podnositelja odnosno mali dio cjelokupnog OFDM-simbola
  - dobra svojstva u slučaju višestrukog prijama
    - uporabom mreže odašiljača koji rade na istom kanalu (SFN, *Single Frequency Network*) može se popraviti kvaliteta pokrivanja DTV signalom
  - dobitak mreže
    - svojstvo poboljšanja značajki prijama zbog višestrukog prijama
    - zbog dobitka mreže mogu se smanjiti izračene snage pojedinih odašiljača u SFN mreži
  - visoka spektralna djelotvornost
    - visoke brzine prijenosa podataka u kanalu
- NEDOSTACI OFDM postupka
  - potreba za sinkronizacijom
    - potrebno je osigurati sinkronizaciju simbola i frekvencijsku sinkronizaciju
    - na sinkronizaciju simbola nepovoljno utječu vremenske pogreške i fazni šum podnositelja
    - za postizanje frekvencijske sinkronizacije potrebno je postići sinkronizaciju frekvencije uzorkovanja i sinkronizaciju frekvencije podnositelja
  - kompleksnost uređaja uzrokovana primjenom IFFT u odašiljaču i FFT u prijamniku

- osjetljivost na frekvencijski pomak podnosioca
  - pomakom frekvencije podnosioca može doći do intersimbolne interferencije
- visoki omjeri vršne i srednje snage (PAPR, *Peak to Average Power Ratio*)
  - smanjena je djelotvornost RF pojačala snage u odašiljaču

#### 14. Objasnite pojam OFDM simbola te čime je određeno njegovo trajanje.

- skup podnosioca u određenom vremenskom segmentu čini OFDM simbol
- podnosioci su unutar OFDM simbola razmješteni tako da budu ortogonalni
  - frekvencijski razmak između podnosioca jednak je inverznoj vrijednosti trajanja OFDM simbola
- trajanje simbola je određeno periodom uzorkovanja i brojem podnosioca u postupku IFFT

#### 15. Objasnite kako je određen broj aktivnih podnosioca u 8k i 2k DVB-T sustavima za kanal širine 8 MHz.

- u DVB-T sustavu moguće su dvije varijante sustava s obzirom na broj podnosioca u OFDM simbolu
  - 8k sustav
  - 2k sustav
- tehnologija koja se rabi za proračunavanje DFT temelji se na potencijama broja dva, te se broj podnosioca označava se kao  $2^x$ 
  - 8k sustavi - pri provedbi IFFT rabi se  $x=13$ ,  $2^{13}=8192$  podnosioca
  - 2k sustavi - pri provedbi IFFT rabi se  $x=11$ ,  $2^{11}=2048$  podnosioca

#### 16. Čemu služe piloti za signalizaciju prijenosnih parametara (TPS, Transmission Parameter Signalling) u DVB-T sustavu?

- piloti za signalizaciju prijenosnih parametara (TPS, *Transmission Parameter Signalling*)
  - podnosioci na fiksnim položajima
  - broj podnosioca za TPS koji se prenosi po OFDM simbolu je 68 za 8k i 17 za 2k
  - smješteni su na realnoj osi (I-os)
  - prenose se 1 bit informacije po podnosiocu
  - svi TPS podnosioci u jednom simbolu prenose istu informaciju
  - kompletna TPS informacija prenosi se preko 68 simbola i sadrži 68 bita
  - označavaju vrstu modulacije, veličinu zaštitnog intervala, omjer koda za unutarnje kodiranje, vrstu sustava (8k ili 2k), hijerarhijsko kodiranje

#### 17. Objasnite ulogu zaštitnog intervala u OFDM prijenosu.

- između OFDM simbola ubacuje se zaštitni interval,  $\Delta$  (*guard interval*)
  - služi za izbjegavanje intersimbolne interferencije
  - ako bi došlo do kašnjenja izvornog signala zbog višestruke propagacije, kraj jednog simbola može zahvatiti početak idućeg simbola
  - nepovoljni učinci kašnjenja pojedinih signala uklanjaju se dodavanjem zaštitnog intervala na početak OFDM-simbola

$T_U$  - ukupno trajanje simbola:  $T_U = T_s + \Delta$



$T_s$  - korisno trajanje simbola, koje je izvedeno na temelju uvjeta ortogonalnosti podnositelja  
 $\Delta$  - zaštitni interval

**18. Koji modeli kanala se rabe pri planiranju DVB-T sustava? Navedite njihova obilježja.**

- Gaussov kanal
  - kanal u kome nema reflektiranih signala, a prijenosnom signalu se superponira šum
- Riceov kanal
  - ako jedan prijenosni put signala ima optičku vidljivost prijamnika i odašiljača (direktni signal), a ostali prijenosni putovi imaju veća gušenja i duža kašnjenja za direktnim signalom, prijamno polje poprima Riceovu razdiobu
  - frekvencijski odziv prijenosnog kanala nije konstantan
  - tipičan slučaj ovakvog kanala je kod antene na krovu koja je usmjerena prema najbližem odašiljaču, ali prima i reflektirane signale i signale ostalih odašiljača
- Rayleighov kanal
  - ako ne postoji optička vidljivost prijamnika i odašiljača te postoje samo reflektirani signali, tako da na prijamnu antenu dolazi više zraka približno iste snage, a amplitude i faze su im slučajne veličine, prijamno polje poprima Rayleighovu razdiobu
  - frekvencijski odziv prijenosnog kanala nije ravan, a neujednačenost je intenzivnija nego kod Riceovog kanala
  - ovakav kanal je tipičan kod prijama na maloj visini u gradskom području ili unutar zgrada gdje postoje refleksije od umjetnih prepreka

**19. Navedite obilježja fiksnog prijama u DVB-T sustavu (model kanala, položaj prijamne antene, potreban stupanj zaštite od pogrešaka, modulacijski postupak).**

- fiksni prijam
  - kod fiksnog prijama ne postoje otežani uvjeti rasprostiranja, postoji značajan dobitak prijamne antene te postoji dodatna zaštita od smetajućih signala iz drugih smjerova zbog usmjerenosti antene
  - prijamne razine signala mogu biti niže nego kod ostalih načina prijama
  - može se rabiti manja zaštita od pogreške, tj. veći omjer koda, te modulacija koja je manje otporna na smetnje (mogu se ostvariti veće brzine prijenosa)
  - za mreže s fiksnim prijamom preporučaju se izvedbe s većim kapacitetom, tj. modulacijski postupci 16-QAM i 64-QAM
  - prijam pomoću usmjerene antene na krovu zgrade 10 m od tla
  - prijenosni kanal se modelira kao Riceov kanal
  - potreban je manji stupanj zaštite od pogrešaka i manje prijamne razine nego kod ostalih načina prijama

**20. Objasnite razliku između ukupne i korisne brzine prijenosa u DVB-T sustavu.**

- ukupna brzina prijenosa (*brutto bit rate*)  
 $(K \cdot \nu) / T_U$  [Mbit/s]  
 $K=1705$  ili  $6817$

- korisna brzina prijenosa (*useful (netto) bit rate*)  
 $(R_1 \cdot R_2 \cdot N \cdot v) / T_U$  [Mbit/s]  
 $R_1 = 0,92$   
 $R_2 = 1/2, 2/3, 3/4, 5/6$  ili  $7/8$   
 $v = 2, 4$  ili  $6$   
 $N = 1512$  ili  $6048$   
 $T_U = T_S + \Delta$
- korisna brzina prijenosa u Mbit/s
  - jednaka je 2k ili 8k sustave
  - smanjenjem zaštitnog intervala povećava se korisna brzina prijenosa

## 21. Što je spektralna djelotvornost?

- spektralna djelotvornost (bit/s)/Hz  
 – dobiva se dijeljenjem korisne brzine prijenosa sa širinom kanala ( $B=8$  MHz)

## 22. Koja od varijanti DVB-T sustava (2k ili 8k) je pogodnija za realizaciju mobilnog prijama i zašto?

- kod mobilnog prijama treba razmotriti faktore poput brzine kretanja vozila, neprestane promjene smjera prijama i promjene kvalitete prijamnog signala
- kod proračuna se uzimaju u obzir iste potrebne razine polja kao kod prijama s prijenosnim uređajem na otvorenom (Rayleighov kanal), no treba obratiti pozornost na ograničenje brzine kretanja zbog Dopplerovog efekta
- mobilni prijam kod DVB-T-a moguć je samo do određene brzine kretanja mobilnog prijamnika treba napomenuti da frekvencijski razmak između podnositelja kod 2k sustava iznosi 4464 Hz, a kod 8k sustava iznosi 1116 Hz
- zbog većeg frekvencijskog razmaka između susjednih podnositelja 2k sustavi imaju bolju toleranciju na Dopplerov efekt od 8k sustava

## 23. Navedite osnovna obilježja SFN mreža.

- jednofrekvencijske mreže (SFN, *Single Frequency Network*)
  - mreže sinkroniziranih odašiljača koji rade na istoj frekvenciji i prenose iste programe
  - rabe se prednosti COFDM tehnike
  - omogućen je veći broj pokrivanja nego kod MFN
- SFN mreže
  - svaki odašiljač u SFN mreži mora na istoj frekvenciji u isto vrijeme prenositi iste podatke
    - odašiljač sadrži GPS prijamnik
  - na topologiju SFN mreže najviše utječe odabir trajanja zaštitnog intervala
  - odabrani zaštitni interval ( $\Delta$ ) određuje najveće dopušteno kašnjenje reflektiranih signala i najveću udaljenost istokanalnih odašiljača ( $D$ )
    - $D = c \cdot \Delta$ ,  $c$  je brzina svjetlosti
  - trajanjem zaštitnog intervala određena je veličina SFN mreže i djelotvornost prijenosa

- što je trajanje zaštitnog intervala veće, udaljenost između istokanalnih odašiljača može biti veća
- što je trajanje zaštitnog intervala veće, manja je djelotvornost prijenosa podataka (korisna brzina prijenosa)
- u 8k sustavima omogućena je izgradnja većih SFN mreža
- najveća udaljenost odašiljača u SFN mreži određena je trajanjem

#### **24. Koja od varijanti DVB-T sustava (2k ili 8k) omogućava izgradnju većih SFN mreža i zašto?**

- planiranje mreže uz dodjelu frekvencije geografskom području (*assignment*) pogodno je za SFN mreže
  - u određenom području definira se raspored i parametri odašiljača kojima se treba postići minimalna potrebna razina polja za određenu vrstu prijama
  - kod određivanja parametara SFN mreže treba voditi računa o veličini područja pokrivanja
  - u postupku planiranja treba odrediti i minimalnu potrebnu udaljenost između dva područja pokrivanja koja rabe isti kanal (najmanja istokanalna udaljenost)