

# Kazalo

<b>Kazalo</b> .....	<b>1</b>
<b>4 Radiodifuzija</b> .....	<b>2</b>
4.1 Definicija.....	2
4.2 Razvoj radiodifuzije .....	2
4.3 AM – radiodifuzija.....	3
4.4 FM – radiodifuzija .....	5
4.4.1 FM – mono radiodifuzija.....	5
4.4.2 FM-stereo radiodifuzija .....	5
4.5 Digitalni radio .....	7
4.6 Črnobela televizija .....	9
4.7 Barvna televizija .....	9
4.8 Digitalna televizija .....	10
4.9 Povzetek sedanjega stanja.....	11
4.10 Nadaljnji razvoj radiodifuzije .....	14
4.10.1 Digitalni radio .....	14
4.10.2 Digitalna televizija.....	15
4.11 Interaktivna digitalna televizija .....	15
4.11.1 Terminalna oprema pri naročniku – Set-Top Box.....	16
4.11.2 Funkcionalna zgradba Set-Top Box-a .....	17
4.12 Aplikacije v sistemu interaktivne digitalne televizije .....	19
4.12.1 Rezidentne aplikacije .....	19
4.12.2 Interaktivne aplikacije .....	20

# 4 Radiodifuzija

## 4.1 Definicija

Radiodifuzija je posebna veja brezžičnih širokopasovnih telekomunikacij, za katero je značilno, da komuniciranje poteka enosmerno. Tehnične rešitve prenosa zvoka in slike na daljavo so prilagojene lastnostim obeh medijev. Za zvokovne prenosne sisteme velja, da morajo zagotavljati veren prenos stereo avdio signalov v frekvenčnem območju od **30 do 15.000 Hz** ob ustrezno visokem razmerju signala proti šumu, ki znaša tipično **50 dB**. To velja za radijske sisteme, ki danes delujejo v *UKV* območju in za prenos informacij uporabljajo frekvenčno modulacijo *FM – Frequency Modulation*. Ostali radijski sistemi, tu mislimo na sisteme, ki temeljijo na amplitudni modulaciji *AM – Amplitude Modulation* dolgovalovnih, kratkovalovnih in srednjevalovnih oddajnikov, omogočajo precej slabšo kakovost zvokovnega prenosa; tu gre za mono zvok, ki je ob tem tudi frekvenčno omejen na **300 do 5000 Hz** (velja za Evropo), kar zadošča za prenašanje informativnih vsebin radijskih programov na velikih razdaljah. Domet in karakteristika razširjanja takega valovanja sta značilna za vsako frekvenčno področje posebej.

## 4.2 Razvoj radiodifuzije

Analogna radio/televizija

- AM-radiodifuzija
- FM-mono radiodifuzija
- FM-stereo radiodifuzija
- črnobela televizija
- barvna televizija

Digitalna radio/televizija

- DAB (Digital Audio Broadcasting)
- DVB (Digital Video Broadcasting)

### 4.3 AM – radiodifuzija

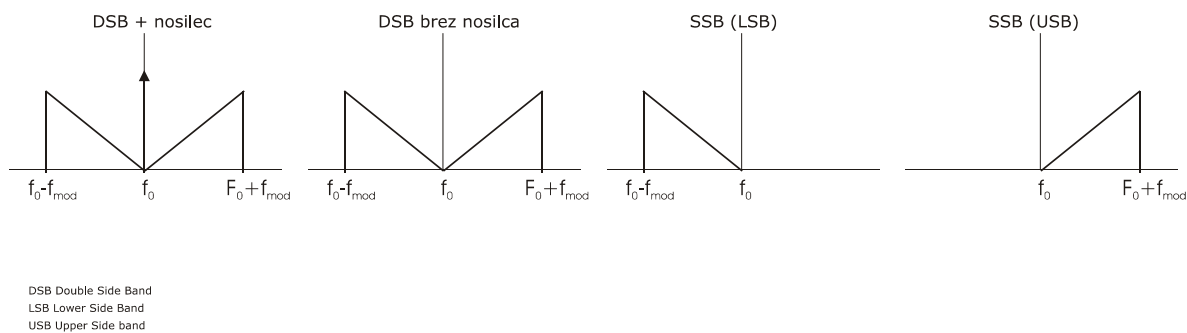
Začetki radia segajo v leto 1901, ko je Marconiju prvič uspel prenos radijskega signala čez Atlantski ocean. Po pionirskem obdobju, ko je radio služil predvsem za komunikacijo med dvema je sledilo obdobje, ki bi ga lahko označili za začetek radiodifuzije (broadcasting). Pojem radiodifuzije postane sinonim za oddajanje iz ene točke za neomejeno število sprejemnikov. Na začetku so za prenos informacij uporabljali amplitudno modulacijo dolgih, srednjih in kratkih valov. Aparatur za zapisovanje zvoka praktično ni bilo in šele čez desetletja (v petdesetih letih) so se pojavili prvi magnetofoni z možnostjo zapisa stereo signala v Hi-Fi-kakovosti. AM-radio je prenašal zvok, ki je vseboval frekvence od 300 Hz pa do 5 kHz, kar je le del celotnega avdio spektra.

Dolgovalovne oddajnike so uporabljali za pokrivanje velikih področij. Elektromagnetno valovanje v območju **dolgih valov (30 kHz do 300 kHz)** se razširja vzdolž površine zemlje, kar je še posebno ugodno za čezoceansko radiofonijo. **Kratkovalovno (3 MHz- 30 MHz)** valovanje se razširja premočrtno in se odbija od posameznih slojev ionosfere. Na ta način je domet kratkih valov zelo velik (celotna površina zemlje), vendar se pojavi efekt "fedinga" (spreminjajoče se poljske jakosti) in mrtvih con, v katerih ni ne direktnega ne odbitega vala.

Značilni za radiodifuzijo v srednjevalovnem območju so odboji od ionosfere, vendar le v nočnem času. To pomeni, da ima tak oddajnik dve področji pokrivanja; podnevi v območju dosega direktnega vala in ponoči s kombinacijo direktnega in odbitega. Odboji od ionosfere niso tako močni kot pri kratkih valovih, tako da srednjega vala ne moremo uporabljati za pokrivanje celotne zemeljske oble.

Kmalu je postalo jasno, da amplitudna modulacija ni najbolj primerna za radio. Motnje so postajale vedno bolj resna grožnja takratni radiodifuziji. Vzrok je v vse večjem številu električnih naprav, ki so predvsem z iskrenjem, ki je nastajalo v kolektorskih elektromotorjih in je vir spektralno zelo bogatih (neželenih) signalov, znatno prispevale k povečanju šuma, ki mu danes rečemo "Man Made Noise". Po drugi strani je tudi število radijskih postaj zelo naraščalo, radijski frekvenčni spekter pa je bil vedno bolj naseljen. Tako so se razvile modernejšše oblike amplitudne modulacije, ki so zavzemale manj frekvenčnega spektra.

- AM DSB + nosilec,
- AM DSB z zmanjšanim nosilcem,
- AM DSB brez nosilne frekvence,
- AM SSB.



Amplitudna modulacija enega samega bočnega pasu brez nosilne frekvence *SSB – Single Side Band* je najbolj racionalna s stališča porabe frekvenčnega spektra, vendar pomeni precejšnjo povečanje cene in zapletenost radijske opreme. V Evropi je bil izdelan projekt posodobitve kratkovalovnega področja z uporabo SSB modulacije vendar je ta ideja ostala na papirju. Poleg cene je glavni razlog za padec SSB sistema na radiodifuznem delu kratkih valov nezdržljivost AM DSB in AM SSB sprejemnikov. Tako so razmere na dolgih, srednjih in kratkih valovih danes še vedno take kot v času, ko so ti sistemi nastajali. SSB modulacija pa se je uveljavila predvsem na področju point to point komunikacij. Razvoj kratkovalovne tehnologije pa se s tem ni končal. Evropska Unija je razpisala projekt z imenom NADIB (*Narrow Band Digital Broadcasting*). Pri NADIB sistemu gre za sočasno modulacijo kratkovalovnega oddajnika z analognim in digitalnim signalom. Na ta način bo sistem združljiv z obstoječimi AM sprejemniki obenem pa omogoča sprejem digitalnega zvoka. Zmogljivost 10 kHz širokega kanala, ki je precej obremenjen z motnjami tako, da znaša teoretična vrednost razmerja signal/šum 26 dB, je seveda omejena na teoretično vrednost, ki izhaja iz Shannon-Hartley teorema na vrednost 86 kbit/s. Kasneje bomo spoznali, da ta bitna hitrost ni primerna za prenos stereo zvoka, ki bi bil primerljiv z t.i. CD kakovostjo, vendar lahko predvidevamo, da bo tehnologija na področju kompresije digitalnega avdia napredovala do te mere, da bo sistem NADIB ponujal smiselno kakovost zvoka. Projekt NADIB se trenutno nadaljuje v okviru projekta DIAM, ki predvideva dokončanje čipa z digitalnim AM sprejemnikom primernim za širšo proizvodnjo za potrošniški trg.

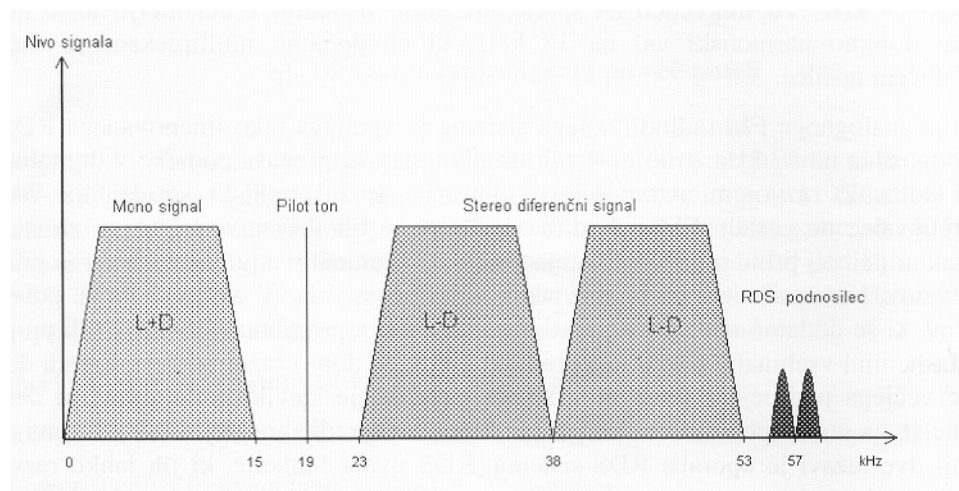
## 4.4 FM – radiodifuzija

### 4.4.1 FM – mono radiodifuzija

Težave, ki so spremljale AM-radijske sisteme, bi lahko opisali z dvema pomanjkljivostma; občutljivost za motnje in premajhna zmogljivost kanala za prenos kakovostnega zvoka. Frekvenčna modulacija, kjer jakost zvoka vpliva na frekvenčni koleb nosilne frekvence oddajnika ter uporaba širših kanalov na višjih (UKV) frekvenčnih obsejih omogočata prenos kakovostnega zvoka.

### 4.4.2 FM-stereo radiodifuzija

Tehnični razvoj analognih sistemov za distribucijo radijskih programov je dosegel svoj vrh v tako imenovanem FM-multipleksnem načinu, ki omogoča kakovosten stereofonski prenos zvokovnih signalov. Vse do danes je bilo pri vsaki tehnološki izboljšavi upoštevano načelo združljivosti z že obstoječimi sistemi. Današnji analogni FM-radijski sistemi zatorej prenašajo mono zvok, stereo zvok in podatke (RDS) v enotnem **75 kHz** širokem radijskem kanalu.



Prenos stereofonskega signala z dvema oddajnikoma in dvema sprejemnikoma bi bil drag in tehnično zapleten, zato uporabljamo kodirni postopek s pilotom. Oscilator, ki niha s frekvenco 38 kHz, moduliramo amplitudno s signalom D-L (razlika desnega in levega kanala). Na ta način dobimo signal, ki niha s frekvenco 38 kHz in zavzema vrednosti med:

$$(+ 1)*(D-L) + T \text{ in } (-1)*(D-L) - T.$$

Pri tem pomeni T amplitudo nosilca s frekvenco 38 kHz. Temu signalu prištejemo vsoto levega in desnega kanala (D+L) in rezultirajoči signal, ki niha 38.000-krat v sekundi med vrednostima:

$$(D+L) + (D-L) + T = 2D + T$$

$$(D+L) - (D-L) - T = 2L - T$$

uporabimo za frekvenčno moduliranje UKV-oddajnika.

Človeško uho ne dojema nihanja s frekvenco 38 kHz in prav tako velja, da zvočnik ne more slediti tako hitrim nihajem. Zato je z navadnim (mono) sprejemnikom moč slišati le povprečno vrednost, ki ustreza vsoti (D+L), to pa je mono signal. V stereo dekoderrju pa signalu (D-L) priredimo protifazno komponento -(D-L) in z enostavnim seštevalnikom dobimo originalni levi in desni avdio kanal. Le-ta vsebuje še nihanje s frekvenco 38 kHz, ki pa ga v naslednjih RC-členih izločimo. V praksi poteka postopek malce drugače, to pa zato, ker je nosilna frekvenca 38 kHz močno zastopana in bi za veren prenos tako frekvenčno bogatega signala potrebovali precej večji frekvenčni koleb UKV oddajnika, kot ga dopušča širina kanala. Zato nosilec 38 kHz pred oddajo izločimo in namesto njega prenašamo **pilotsko frekvenco 19 kHz**. To frekvenco na sprejemni strani izločimo v dekoderrju in jo nelinearno ojačimo ter tako dobimo harmonski val na 38 kHz, ki ga dodamo multipleksnemu signalu kot nadomestek za izločeni nosilec.

Zadnja nadgradnja analognega FM-radiodifuznega sistema je vpeljava tako imenovanega **RDS** (Radio Data System) podnosilca na 57 kHz (trikratnik pilotskega tona), ki prenaša podatke v digitalni obliki s hitrostjo 1187,5 bit/s. Z razvojem avtomobilske industrije je bil radijski sprejemnik vedno bolj priljubljen spremljevalec na cestah. FM-radiodifuzni sistem je bil v osnovi zasnovan za stacionarno uporabo in kot tak ni najbolj primeren za delovanje v okolju spremenljive poljske jakosti in prisotnostjo močnih odbitih valov, ki včasih celo presegajo jakost direktnega vala. V avtomobilu še polno drugih akustičnih izvorov, ki še dodatno otežujejo spremljanje radijskega programa. Govorni deli programa so v primerjavi z glasbenimi vsebinami praviloma premalo glasni za dobro razumevanje. Zaradi dejstva, da je za pokrivanje večjega področja z istim programom treba večje število oddajnikov, ki delujejo na različnih frekvencah, pa je bilo potrebno na poti večkrat preglasiti radijski sprejemnik na pravi oddajnik. Rešitev za zadnji dve težavi je uporaba RDS-sistema. RDS uvaja funkcije, ki jih lahko razvrstimo v primarne, sekundarne in dodatne.

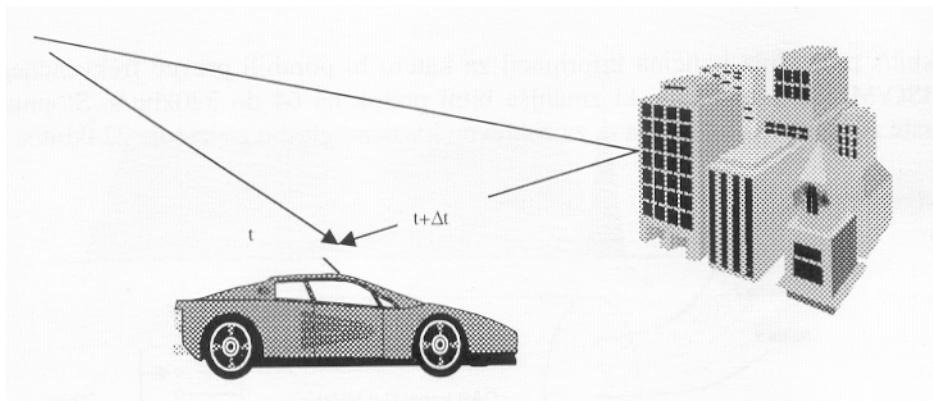
**Primarne funkcije** omogočajo radijskemu sprejemniku, da razbere in si zapomni kodo ter ime radijskega programa in alternativne frekvence, na katerih se oddaja isti radijski program. Zdaj ni več treba poznati frekvence oddajnika. Radijski sprejemnik izpiše ime postaje, hkrati pa ob poslabšanju sprejemnih razmer sam poskrbi za preklop na drugo – boljšo frekvenco, ki prenaša isti program.

**Sekundarne funkcije** so bolj vezane na vsebino programa. Tu gre za signalizacijo prometnih obvestil, zvrsti programa, informacijo, ali gre za govor ali glasbo, radijski tekst itd.

**Dodatna funkcija** pa je tako imenovani osebni klic za naročnika te storitve. Slednja je zanimiva zaradi nespornega pozitivnega ekonomskega učinka, ker ob relativno majhni investiciji v programsko opremo izkorišča dobro razvito infrastrukturo FM-oddajnega omrežja.

## 4.5 Digitalni radio

Uvedba RDS-sistema kljub izboljšanju funkcionalnosti radijskega sprejemnika ni ponudila rešitve osnovne težave sprejema radijskih signalov v premikajočem se vozilu. Na prvem mestu je motnja, ki nastane pri sočasnem sprejemu direktnega vala in odbitih valov, ki izvirajo od istega oddajnika. Zaradi daljše poti, ki jo opravi odbiti val, le-ta povečuje ali pa zmanjšuje poljsko jakost na točki sprejema radijskega signala.



Motenj sprejema, ki jih povzroča interakcija odbitih valov in direktnega vala, ni mogoče odpraviti pri klasični FM-radiodifuziji. Evropska skupnost je zato razpisala razvojni projekt z imenom EUREKA 147, ki naj bi načrtoval nov, digitalni radiodifuzni sistem, prilagojen opisanim razmeram. Prvič v zgodovini razvoja radiodifuzne tehnologije ne moremo več govoriti o sistemu, ki bi bil združljiv navzdol. Digitalni radio *DAB – Digital Audio Broadcasting* je sistem za prenos digitalnega avdio signala obenem s potrebnimi podatki. Osnovne zahteve pri načrtovanju novega sistema so bile:

- odpornost na sprejem odbitih valov,
- kakovost zvoka primerljiva s CD standardom (razmerje signal/šum, frekvenčni odziv),
- boljša izkoriščenost frekvenčnega spektra,
- možnost hkratnega prenosa zvoka in podatkov.

Odpornost na sprejem odbitih valov je dosežena z uporabo modulacijske tehnike kodnega ortogonalnega frekvenčnega multipleksa *COFDM – Coded Orthogonal Frequency Multiplex*. Gradniki digitalnega radia se prenašajo s pomočjo velikega števila nosilnih frekvenc, ki so med seboj ortogonalne. Tako je bitna hitrost posameznega nosilca dovolj majhna, da je trajanje simbola večje od predvidene zakasnitve odbitega signala. Na ta način ne pride do intersimbolne interference in odbiti signal celo pripomore h kakovosti sprejema. To pomeni, da so razmere pri velikem številu odbitih valov z različnimi zakasnitvami in jakostmi naravnost idealne za DAB-sistem. Če nadalje vzamemo, da zakasneni val ni produkt odboja originalnega signala od ovire, ampak izvira iz drugega oddajnika, ki je na drugi lokaciji in drugačni oddaljenosti, dobimo na strani sprejemnika enake razmere. To pa vodi k pomembnemu spoznanju, da lahko zgradimo mrežo oddajnikov, ki z istim programom na isti frekvenci pokrivajo veliko področje **SFN – Single Frequency Network**. Pri analognem FM-omrežju smo za vsak oddajnik uporabili drugo frekvenco. DAB na ta način uvaja velik prihranek frekvenčnega spektra.

Klasični FM-sistem zmora prenašati zvok v pasovni širini 15 kHz in pri dinamiki približno 50dB. DAB prenaša digitalizirani zvok v kakovosti, podobni CD. Podobna je zato, ker DAB uporablja sistem za redukcijo bitne hitrosti po standardu ISO/MPEG (drugi sloj). Analogni zvok digitaliziramo z vzorčno frekvenco 48 kHz in s 16-bitnim kvantizatorjem. Pri stereo signalu to pomeni:

$$48 \text{ kHz} * 16 \text{ bit} * 2 = 1536 \text{ kbit/s.}$$

Ker je 1536 kbit/s precejšnja količina informacij za katero bi porabili preveč frekvenčnega spektra, je uporabljena ISO/MPEG-kompresija, ki zmanjša bitni pretok na **64 do 320 kbit/s**. Stopnja redukcije je odvisna od vrste zvokovnega materiala in za zahtevno klasično glasbo zadostuje 224kbit/s.

Problem neuravnoteženega razmerja med govorom in glasbo, ki se kaže odvisno od tega, kje poslušamo – v zelo bučnem okolju, na delovnem mestu ali v tistem prostoru – je rešen na naslednji način: poleg zvoka z originalno dinamiko prenaša DAB v posebnem podatkovnem kanalu informacijo, ki služi za delovanje enostavnega kompresorja, ki je vgrajen v DAB-sprejemnik. Na ta način si poslušalec sam izbere stopnjo dinamike, ki mu v njegovem okolju ustreza. Pri klasičnem FM-sistemu to enostavno ni bilo mogoče, zato je bilo treba krmiliti radijski zvok glede na povprečnega poslušalca.

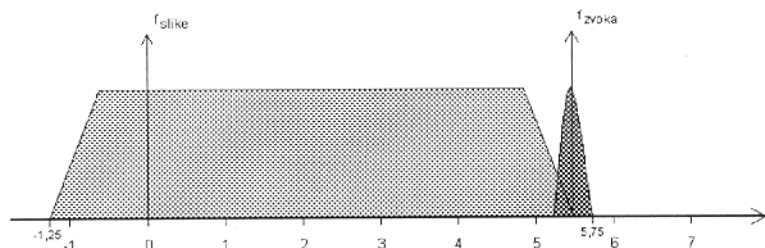
Boljša izkoriščenost frekvenčnega spektra je dosežena z uporabo SFN načina načrtovanja radijskih omrežij. Poleg tega pa je uporaba spektra za en radijski program racionalnejša kot pri FM-sistemu.



DAB-sistem sestavlja multipleks, v katerem so vsi podatki, ki služijo za pravilno delovanje radijskega sprejemnika, radijski programi in tudi podatkovne storitve; le ti so lahko povezani z zvočnimi vsebinami, lahko pa so neodvisni. Samo dejstvo, da je treba v eni točki fizično združiti toliko različnih radijskih programov in podatkovnih storitev, je nemajhna težava pri načrtovanju sistema.

## 4.6 Črnobela televizija

Pri prenosu slike na daljavo je tehnološki razvoj sledil radijskemu vzorcu. V Evropi smo uvedli črnobeli slikovni sistem, ki temelji na prenosu 50.625 vrstičnih slik na sekundo. To pomeni, da gre za signal, ki zavzema osnovni spekter od 0 do **5,5 MHz**. Slikovno informacijo je tako mogoče prenašati z AM – modulacijo v VHF- in UHF-frekvenčnem območju. Za prenos zvoka so že takrat uporabili znano tehniko frekvenčnega multipleksiranja in se tu odločili za 5,5 MHz podnosilec, ki so ga frekvenčno modulirali in tako prenašali mono zvok. Največji frekvenčni koleb zvokovnega nosilca je **50 kHz**, zato je kakovost zvoka pri televiziji malo manjša.



## 4.7 Barvna televizija

Nov mejnik v razvoju televizijskih sistemov je uvedba barvne televizije. Pri razvoju barvne televizije je bilo treba ponovno upoštevati načelo združljivosti. TV sprejemniki za črnobelo sliko morajo sicer barvno sliko prikazovati v črnobeli tehniki. Barvni TV sprejemniki morajo sprejemati tudi črnobeli program, seveda brez barv.

Ponovno gre za nov sistem, ki bi moral biti in tudi je združljiv s starim. Tako je slikovni signal poleg zvokovnega nosilca dobil še nosilec na frekvenci 4,43 MHz, ki je omogočal prenos informacij o barvi televizijske slike. Barvna slika je sestavljena iz treh barvnih komponent (**R, G, B**). Zaradi združljivosti je treba iz tega signala generirati svetlobni signal ali luminenco, ki je ekvivalentna črnobeli sliki. Barvni signal (**PAL - Phase**

**Alternate Line**) ali krominenco prenašamo s pomočjo komponent **U** in **V**, kjer velja:

$$V = R - Y$$

$$U = B - Y$$

R pomeni rdečo komponento barvnega signala, B modro komponento in Y luminiscenčni signal.

Z barvnima komponentama U in V amplitudno moduliramo nosilec 4,43 MHz, ki ni izbran naključno. V spektru slikovnega signala nastopajo frekvence predvsem kot harmonične vrednosti vrstične frekvence. Zaradi tega je določeno področje frekvenčnega pasu nezasedeno in ga lahko uporabimo za prenos informacije o barvi. V praksi smo priča vplivu krominentnih signalov na luminentnega, in obratno. To je slaba lastnost kompozitnih sistemov in cena, ki jo je treba plačati za združljivost.

Ob pojavu barvne televizije je treba omeniti, da je na svetu nastalo kar nekaj sistemov, ki niso bili združljivi (*PAL*, *SECAM – Sequential Couleur Avec Memoire*, *NTSC – National Television Standards Committee*). To stanje povzroča veliko težav pri mednarodni izmenjavi slikovnega materiala in še posebno pri realizaciji velikih svetovnih dogodkov, kot so olimpijske igre. Ob takih dogodkih je treba slikovno informacijo kodirati in distribuirati v dežele z različnimi video sistemi.

## 4.8 Digitalna televizija

Večina opreme, ki jo danes uporabljamo za televizijsko produkcijo, je digitalna. V dolgi verigi, od izvora programa do gledalca, je le zadnji del poti, ki ga predstavlja TV oddajnik, analogen. Digitalni signali so izredno odporni proti motnjam in popačenjem, ki nastajajo pri prenosu po različnih medijih. Gradniki slike v digitalni obliki so neobčutljivi za obliko impulza. Tako je mogoče zgraditi transparenten sistem, kjer sta vhodna in izhodna signala popolnoma identična. Slikovne komponente (Y, U, V) se prenašajo druga za drugo, zato govorimo o komponentnem sistemu. Digitaliziramo jih na naslednji način: komponento Y vzorčimo s frekvenco 13,5 MHz, komponenti U in V pa s frekvenco 6,75 MHz. Vzorcem priredimo 8-bitno vrednost. Tako za prenos slike potrebujemo:

$$(13,75 + 6,75 + 6,75) \text{ MHz} * 8 \text{ bit} = 216 \text{ Mbit/s.}$$

Prenos tako velike količine informacij predstavlja nepremostljivo oviro za racionalen distribucijski sistem. Kompresija osnovnega digitalnega signala je nujna in danes v ta namen uporabljama ISO MPEG-sistem. Tako je mogoče 216 Mbit/s signal zmanjšati na manjše vrednosti. Za mednarodno

izmenjavo je še uporaben 34 Mbit/s ISO MPEG signal. Pri tako imenovani SNG (*Satellite News Gathering*) pa uporabljamo 8 Mbit/s digitalni televizijski signal.

Digitalizacija televizijskega signala je še posebno učinkovita pri satelitskem oddajanju *DVB-S – Digital Video Broadcasting – Satellite*. Digitalna tehnika omogoča boljšo izkoriščenost satelitskih kanalov in s tem nižjo ceno najema satelitskega transponderja. Ta strošek se zdaj porazdeli na število TV -kanalov, ki jih prenašamo v DVB-S multipleksu.

Tako kot DAB je tudi DVB v svoji zasnovi multipleksni sistem. Enoten DVB-kanal vsebuje različne TV-kanale z več tonskimi nosilci med katerimi lahko prenašamo tudi radio. Seveda je možno prenašati tudi podatkovne storitve v veliko večjem obsegu kot pri DAB-sistemu. Za kodiranje multipleksa je treba vse signale pripeljati do skupne točke. V enem multipleksu je mogoče prenašati 6 različnih TV-kanalov, več radijskih, podatke za pogojni dostop in morebitne podatkovne storitve, kot je na primer internet. Distribucija vseh naštetih signalov je tehnološko zahtevna in draga. Še posebno to velja za satelitski DVB. Majhne države, med katere lahko z gotovostjo uvrstimo tudi Slovenijo, nimajo velikega števila različnih programov in storitev. Primerna je rešitev, ki jo ponuja Eutelsat na svojih digitalnih satelitih novejšje generacije (Hot Bird 5), in se imenuje Skyplex. Ta tehnologija omogoča tvorbo DVB multipleksa na krovu satelita, kar zelo poceni satelitsko oddajanje. Na ta način tvorba DVB multipleksa na zemlji ni več potrebna in s tem odpadejo stroški prenosa posameznih storitev do zemeljske postaje.

DVB/MPEG2 standard, ki je bil zasnovan za prenos digitalne televizije, lahko služi tudi za prenos podatkov. Primer je distribucija internet prometa in nekaterih drugih podatkovnih storitev. DVB ponuja veliko prenosno zmogljivost (38 do 60 Mbit/s). Omejitev, ki jo predstavlja enosmerna komunikacija v primeru asimetričnih sistemov, ni velika prepreka. Internet je tipičen primer sistema, v katerem je pretok podatkov od strežnikov do uporabnikov bistveno večji kot v obratni smeri. Za komunikacijo od uporabnika do strežnika je telefonska komunikacija v večini primerov zadovoljiva rešitev. Digitalne radiodifuzne satelite lahko torej uporabimo kot pomemben element v globalni informacijski infrastrukturi.

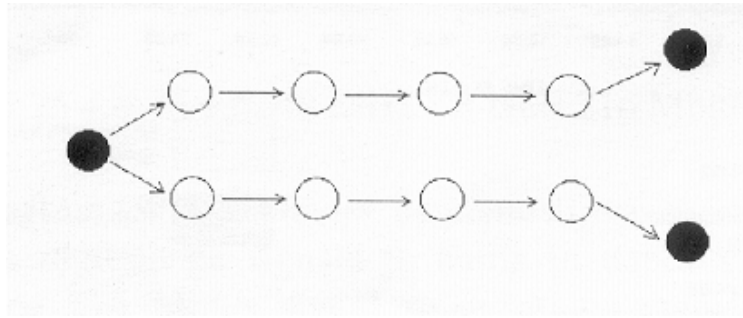
## **4.9 Povzetek sedanjega stanja**

Vse do sedaj so sistemi za prenos zvoka in slike pomenili svojo, prav značilno tehnološko rešitev v svetu telekomunikacij. Do danes so bili analogni sistemi radia in televizije nezdružljivi z analogno telefonijo ali s podatkovnimi komunikacijami. Vsi ti mediji so se razlikovali tudi po načinu komunikacije. Telefonija je tipična predstavnica dvosmerne tako

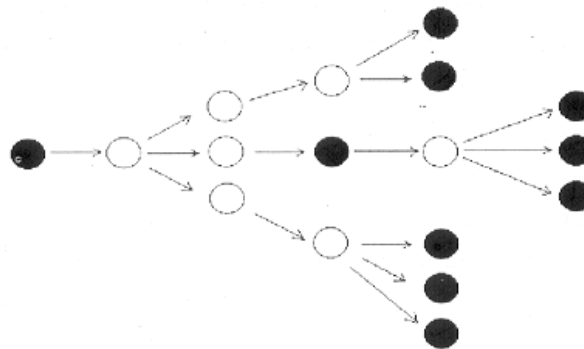
imenovane točka točka komunikacije, radiodifuzija pa je poseben način komunikacije, ki ga morda še najbolj verno opisuje angleška beseda "Broadcasting". To lahko razumemo kot širokopasovno komunikacijo in hkrati kot komuniciranje na široko – od oddajnika do množice sprejemnikov, katerih število ni omejeno.

Čas tehnološke konvergence, v katerem smo danes vnaša v različne segmente telekomunikacij velike spremembe. Informacije, pa naj si gre za govorna sporočila, radijske in televizijske programe, so poslej v digitalni obliki. Zvok, slika ali govorno sporočilo so zdaj le stvar aplikacije, v osnovi pa lahko ugotovimo, da smo z uvedbo digitalnih sistemov prišli do združljivosti do sedaj ločenih storitev. Kompozitne analogne sisteme za prenos radia in televizije so zdaj nadomestili komponentni, kjer se posamezni gradniki informacije prenašajo drug za drugim v točno določenem zaporedju. Prvič v zgodovini slikovnih sistemov smo prišli do združljivosti, ki omogoča enostavno prenašanje slike med do sedaj nezdružljivimi svetovi.

Digitalnemu zapisu zvoka in slike je prirejen novi prenosni sistemi. DAB za radio in DVB za televizijo. Ne DAB in ne DVB nista več združljiva z obstoječo radiodifuzno tehnologijo. Oba sistema ponujata boljšo zanesljivost brezžičnega prenosa in s tem tudi boljšo kakovost, hkrati pa omogočata racionalnejšo izrabo radiodifuznega frekvenčnega spektra. To pomeni večje število prenosnih kanalov. Pomanjkanje frekvenčnega prostora in demografske značilnosti Evrope so pogojile razvoj evropskega modela radiodifuzije, ki je temeljila na tako imenovanih javnih programih. Število le-teh je bilo omejeno, programska politika pa se je podrejela bolj ali manj državnim ali nacionalnim ali kulturnim zakonitostim. Frekvenčno planiranje je bilo zaradi goste naseljenosti Evrope in množice različnih narodov oteženo in omejeno. Novi sistemi, kot je na primer DVB, omogočajo do 6-krat boljšo izrabo frekvenčnega prostora. Poleg javne radiotelevizije se pojavi komercialna, ki uvaja storitve, kot so video na zahtevo (*VoD -Video on Demand*), plačljiva televizija (*PPW -Pay Per View*) in ozko usmerjeni programi. Število kanalov se je tako povečalo, programi tako specializirali, da pojem radiodifuzije ali bolje "broadcastinga" ne ustreza več povsem temu, kar se dogaja. Še posebej pri videu na zahtevo gre za tipičen primer komunikacije točka točka, ki je značilna za telefonijo. Plačljiva televizija je primer komunikacije točka več točk, ki je bolj podobna internetskim storitvam. Ko smo že pri internetu; pojav radijskih in televizijskih programov na internetu postavlja moderno radiodifuzijo v čisto novo luč.



Ponudba interneta temelji na strežnikih, ki omogočajo hkraten dostop nekaj sto uporabnikom, kar je za klasično dojemanje radiodifuzije nedopustno malo, pa vendar ta storitev živi in se razvija naprej. Tipičen odgovor RTV-organizacij na vprašanje, zakaj ponujajo svoje programe na internetu je: ker to počno tudi vsi drugi. Današnji internet ni primeren za razpršeno oddajanje. Vsak uporabnik internetskih storitev potrebuje svojo pot do strežnika in na ta način zasede del pasovne širine, vse od strežnika prek omrežja do zadnjega odseka prenosne poti. Radiodifuzna hiša bi torej morala zagotoviti dovolj zmogljivo povezavo med strežnikom in internetom. Pojavi se vprašanje smiselnosti stroškov najema tako velike pasovne širine ob dejstvu, da je pasovna širina hrbtenice interneta omejena. Stanje ponazarja naslednja slika.



Rešitev se ponuja v obliki IP protokola za oddajanje več prejemnikom. Le ta vpeljuje distribucijo signala znotraj interneta. Na ta način je izraba pasovne širine veliko bolj racionalna.

## 4.10 Nadaljnji razvoj radiodifuzije

Vsekakor bo digitalna, toda v kašni obliki?

### 4.10.1 Digitalni radio

Digitalni radio DAB, ki je nastal v okviru evropskega razvojnega projekta EUREKA 147, je prvi resni digitalni prenosni mehanizem, ki ne skriva ambicij po svetovni veljavi. Razvoj DAB-sistema so spremljale težave, kot sta na primer večno vprašanje pomanjkanja volje ali pa skepticizem, ki ga je gojila elektronska industrija do proizvodnje primernih DAB-sprejemnikov. Šele letos so na angleški trg prišli DAB-sprejemniki za široko potrošnjo, ki jim bo cena po predvidevanjih v letu padla na 700 dolarjev. Druga težava DAB je, da ZDA vztrajno razvijajo svoj sistem, ki je za razliko od DAB skladen z obstoječim FM-analognim omrežjem. Tudi Japonska ima z digitalnim radiem svoje načrte. Poleg radijskih programov je prek DAB mogoče prenašati tudi določeno količino podatkov; izkušnje z testnimi omrežji kažejo na to, da je treba tovrstne podatkovne storitve posebej oblikovati, kar pomeni za medijske hiše določen strošek. Te storitve so drage, zato morajo biti komercialno uspešne, kot na primer storitev osebne klica. Vse ideje so v glavnem zamrle ob pojavu DVB-sistema prenosa digitalne televizije, ki je po podatkovni zmogljivosti veliko bolj zanimiva.

Tudi v prihodnje bo glavna značilnost radia njegova mobilnost in avdio informacija kot osnovni element. Znana je izkušnja digitalnega satelitskega radia *DSR – Digital Satellite Radio*, ki se *ni* uveljavil zaradi preprostega dejstva. Za sprejem je bilo treba uporabiti satelitsko anteno, zato mobilna raba ni bila ravno enostavna. Radio je bil in bo ostal zvočni medij, ki nas spremlja v avtomobilu, v naravi, doma in na delovnem mestu. Njegova najboljša lastnost je, da ga ni treba gledati. Dodatne informacije, ki jih lahko prenašamo v sistemu DAB, tu mislimo na radio tekst, slike, elektronski zemljevidi in navigacijo za avtomobiliste, niso primarne in njihova uporaba je zato v prihodnosti vprašljiva. Seveda je mogoče DAB uporabiti tudi v druge namene, na primer za prenos podatkovnih storitev do mobilnega uporabnika. Znani so projekti, ki za povratni kanal, ki omogoča dvosmerno komunikacijo, predvidevajo uporabo GSM-mobilnega telefonskega omrežja. Za tovrstne aplikacije se zdi zemeljska digitalna televizija *DVB-T – Digital Video Broadcasting – Terrestrial* primernejša, saj ponuja veliko večjo zmogljivost prenosa podatkov ob enaki mobilnosti.

Digitalni radio je mogoče prenašati tudi kot dodatno storitev DVB-sistema. Rešitev se zdi ekonomična, vendar je vprašljiva za bodočnost radia, Televizija je pač primarni elektronski medij in zato logično narekuje tudi razvoj tehnologije, v kateri bi bil radio s svojimi značilnostmi vedno manj prisoten.

#### **4.10.2 Digitalna televizija**

Razvoj DVB-sistema je potekal veliko bolj gladko. Televizija kot medij je veliko bolj komercialno uspešna in zanimiva. DVB je postal "de facto" svetovni standard in sprejemniki so se hitro pojavili na trgu. Očitno je industrija ocenila, da je tveganje pri proizvodnji DVB-sprejemnikov zelo majhno. DVB je zanimiv, ker ponuja močan prenosni mehanizem in je pravzaprav pravi multimedijski sistem.

Potem je tu še pojav ponudbe RTV-programov na internetu. Prepustnost omrežja nikakor ne dopušča dostopa velikemu številu uporabnikov, oddajanje RTV-programov v realnem času je druga anomalija. Tu gre pravzaprav za storitev avdia in videa na zahtevo. Nikomur, niti medijskim hišam, ni jasno zakaj so prisotne na svetovnem spletu s svojimi avdiovizualnimi programi – ponuja se en sam odgovor – ker internet pač je in to počno tudi druge medijske hiše. Zdi se, da bi vsi čakali, da se bo prepustnost interneta povečala in bo vse to mogoče.

Digitalno televizijo je mogoče prenašati s pomočjo satelitov, kabelskih omrežij ali zemeljskih oddajnikov. Veliko energije je bilo vložene v razvoj drugačnega formata televizijske slike. Slikovne formate 4:3, 16:9 ali televizije visoke razločljivosti (HDTV - High Definition Television System) je mogoče prenašati v DVB-sistemu. HDTV je smiselno uporabiti le na velikih zaslonih. Domača uporaba je torej vprašljiva zaradi enostavnega razloga - mere HDTV sprejemnika niso primerljive s povprečnimi bivalnimi razmerami. HDTV se zdi uporaben in ekonomičen za distribucijo filmov v kinematografe, ki še danes poteka na celuloidnem filmskem traku in je izredno draga in zamudna. Poleg tega je dolga pot do kinodvoran priložnost za razvoj trga s piratskimi kopijami.

DVB je zaradi velike prenosne zmogljivosti primeren tudi za prenos podatkov (ena od možnosti za širokopasovni internet). Obratna možnost, da bi digitalno televizijo prenašali drugi telekomunikacijski sistemi, je vprašljiva z dveh vidikov – velike pasovne širine TV-slike in seveda cene. Razvoj digitalne televizije bo verjetno šel v smer multimedije. Televizija ze sedaj vsebuje informacije v tekstovni obliki (teletekst), video in avdio. Manjka le interakcija – povratni kanal, ki bi omogočal dvosmerno komunikacijo. Vprašanje, ki se kar samo zastavlja, je: ali bo digitalna televizija združevala tudi lastnosti osebnih računalnikov ali pa bo računalnik postal tudi TV-aparat. To seveda ni le tehnično vprašanje. Ali bolje: tehnika omogoča razvoj praktično v vseh smereh, zato je od tu naprej vprašanje razvoja tudi ekonomske, politične in sociološke narave ...

#### **4.11 Interaktivna digitalna televizija**

Interaktivna televizija dodaja funkcionalnosti digitalne televizije dodatno dimenzijo – interaktivnosti. To zahteva pri naročniku dodatno terminalno opremo, v nadaljevanju pa je opisano kakšne storitve lahko takšna rešitev dodatno nudi.

#### 4.11.1 Terminalna oprema pri naročniku – Set-Top Box

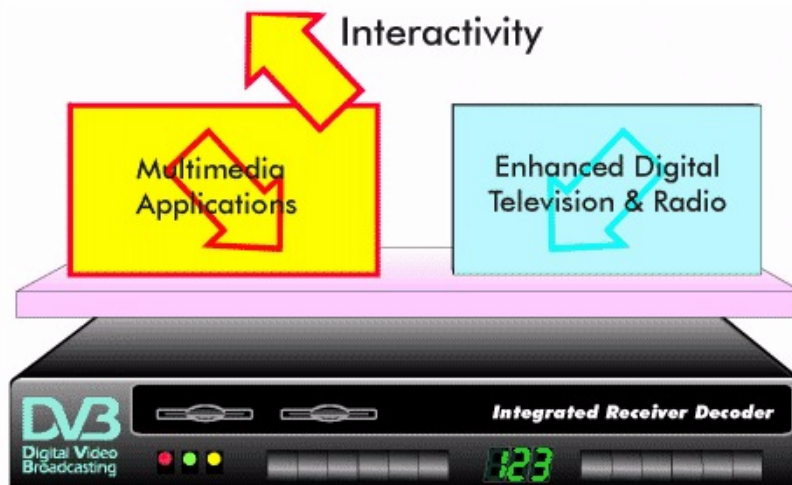
Računalnik je inteligentna naprava, ki jo uporablja v praksi le en človek naenkrat. Televizija je neinteligentna naprava, sposobna prikazovati vsebino določenih kanalov in je namenjena več uporabnikom. Set-Top Box je integracija obeh omenjenih enot, saj pasivno napravo – televizor – spremeni v inteligentno napravo, namenjeno več uporabnikom.

Set-Top Box ni nič drugega kot računalnik, ki deluje v režimu odjemalec-strežnik. Upravljata ga strežnik in seveda uporabnik. Je računalnik, ki je prirejen lastnostim okolja interaktivne digitalne televizije in prenosnega medija HFC.

Set-Top Box sprejema želje naročnika, jih prouči ter postopa po dveh možnih scenarijih:

- Če ima dovolj informacij oz. jih preko transportnega toka dobiva v realnem času, jih pretvori v ustrezno obliko, kot so mirujoče slike, video, zvok, zvočni efekti, tekst, meniji, okna ter druge oblike in jih dostavi naročniku.
- Če ustreznih informacij nima pri sebi, uporabi povratni kanal, po katerem pošlje zahtevo v strežniški sistem in od tam dobi dodatno potrebne informacije.

To je, na kratko, osnovni princip v ozadju delovanja Set-Top Box-a.





*Set-Top Box, imenovan tudi IRD (Integrated Receiver Decoder), integrirani sprejemnik in dekodeur.*

Realizacija takšne naprave, ki v sebi integrira lastnosti računalnika in klasične televizije, hkrati pa omogoča uporabniku prijazen dostop do storitev, inteligentno išče nove storitve in vsebine glede na potrebe uporabnika in je tržno dosegljiva, je problem, ki bi ga morali posebej analizirati.

Pri snovanju Set-Top Box-ov je bilo prvenstveno potrebno osnovati tako arhitekturo sistema, ki bo omogočala dovolj veliko prilagodljivost sistema uporabniku na eni strani ter ponudniku storitev na drugi. Arhitektura sistema določa tako strojno opremo kot tudi programsko okolje, v katerem tečejo programi – aplikacije. Pri tem je velikega pomena interakcija med komponentami, torej medsebojna izmenjava podatkov ter izmenjava podatkov z glavno sprejemno postajo. Za utemeljitev arhitekture in njenih plasti je bilo potrebno sprejeti številne standarde in priporočila ter napisati oz. dodelati številne protokole za izmenjavo informacij.

Delo na tem področju še zdaleč ni končano, kar govori tudi dejstvo, da se z omenjeno problematiko ukvarja več tisoč inženirjev po vsem svetu.

V naslednjem podpoglavju bo predstavljena zgradba Set-Top Box-a, aplikacije pa so opisane v svojem poglavju.

#### **4.11.2 Funkcionalna zgradba Set-Top Box-a**

Set-Top Box je torej terminalni računalnik, ki je prirejen za okolje interaktivne digitalne televizije in prenosnega medija HFC. Da preverimo omenjeno trditev, izvedimo sedaj bijektivno preslikavo med Set-Top Box-om in računalnikom za področje strojne opreme.

Zamislimo si osebni računalnik, ki deluje v režimu odjemalec-strežnik kot terminalni računalnik. Sestavljen je iz tipkovnice, monitorja, procesorja, pomnilnika (kamor uvrščamo tudi trdi disk), v/i enot in še nekaterih komponent.

Kateri elementi pa sestavljajo Set-Top Box?

##### ***Tipkovnica***

Klasično tipkovnico v svetu Set-Top Box-ov nadomesti izboljšan IR (Infra Red) – infra rdeč, daljinski upravljalac.

##### ***Monitor***

Monitor, kot ga poznamo iz sveta osebnih računalnikov, tukaj nadomesti kar televizija.

## **Grafika**

Grafika mora biti večplastna, kar je predpogoj, da so aplikacije čimbolj privlačne. Potrebne so štiri grafične ravnine:

- ozadje;
- ospredje;
- video ravnina in
- kurzor.

## **Zvok**

Zvok je poleg slike za celotno multimedijško podobo velikega pomena. Tudi pri zvoku poznamo več plasti. Najosnovnejša je le zvočna spremljava videa, ki je lahko *mono*, *stereo* ali *dolby surround*.

## **Pomnilnik**

Pomnilnik je izjemnega pomena, saj je omejitev za količino in vrsto aplikacij, ki jih lahko imamo hkrati naložene v Set-Top Box-u.

## **Procesor**

Procesor ima enako vlogo kot v osebem računalniku. Nadzira in vodi vse procese, zato so celotne zmogljivosti Set-Top Box-a močno odvisne od hitrosti procesorja.

## **Vhodno/izhodne enote**

Vhodno/izhodne enote za komunikacijo Set-Top Box-a z ostalimi napravami vključujejo IR sprejemnik za sprejem ukazov iz daljinskega upravljalca in/ali tipkovnice, enoto iz skupine IEEE 802 za priklop na LAN, vtičnico SCART za priklop na televizor oz. ustrezen starejši konektor za kompatibilnost s starejšimi televizorji, USB ali Bluetooth za morebitni tiskalnik. Možne so še dodatne enote. Glede vhodno/izhodnih enot se Set-Top Box ne razlikuje bistveno od osebnega računalnika.

## **Kabelski modem**

Kabelski modem je enota, ki nenehno pridobiva na pomenu. Na samem začetku so bili Set-Top Box-i brez kabelskih modemov. Sprejemali so podatke iz transportnega toka ter prikazovali vsebino programov. Če so bili programi zaklenjeni, je za vse poskrbel modul pogojnega dostopa s kartico SmartCard. Za podaljševanje naročnine in druge naročnikove interakcije pa se je uporabljal protokol ALOHA. Potem so si proizvajalci zamislili internet na televizijskem zaslonu, hitri internet na osebem računalniku in še več interaktivnih aplikacij, ki za svoje delovanje nujno potrebujejo povratni komunikacijski kanal. Za delovanje vseh teh novosti je postal kabelski modem nepogrešljiv sestavni del Set-Top Box-ov.

## 4.12 Aplikacije v sistemu interaktivne digitalne televizije

Aplikacije so programi, ki nam s pomočjo vseh arhitekturnih nivojev Set-Top Box-a oblikujejo zadnji segment vmesnika človek/stroj. Le-te ustrezno predstavljajo naročniku vsebine tako vsebinsko kot tudi oblikovno, mu z meniji in drugimi načini povedo, kaj od njega zahtevajo ter se učijo iz njegovega ravnanja.

Aplikacije delimo na rezidentne aplikacije in na interaktivne aplikacije. Rezidentne aplikacije so že nameščene na Set-Top Box-u in mu nudijo osnovno funkcionalnost. Interaktivne aplikacije nalagamo pozneje in dajejo Set-Top Box-u polno moč.

### 4.12.1 Rezidentne aplikacije

Rezidentne aplikacije so nabor programske opreme, ki je nujno potreben za začetno delovanje Set-Top Box-a. Omogočajo njegovo osnovno komunikacijo z omrežjem in kasnejše nameščanje interaktivnih aplikacij. V Set-Top Box-u so rezidentne aplikacije nameščene tovarniško po predpisih DVB-MHP-ja ali katerega od konkurenčnih proizvajalcev (OpenTV, Liberate, PowerTV ...). V to skupino sodijo naslednje aplikacije:

- *Boot* aplikacija. Ta se naloži takoj ob startu Set-Top Box-a. Požene ostale aplikacije, najprej upravljalca aplikacij.
- Upravljalca aplikacij. Nadzoruje tek vseh interaktivnih aplikacij. To pomeni, da jih starta, ustavlja, začasno prekinja ter skrbi za komunikacijo med njimi. Dovoljuje večopravnost, torej hkraten tek več aplikacij, pri čemer skrbi za razporejevanje virov med njimi. Delovanje te aplikacije je za uporabnika popolnoma transparentno.
- *SetUp* aplikacija se požene takoj za upravljalcem aplikacij. Njena naloga je konfiguracija Set-Top Box-a. Konfiguracija je najbolj pomembna na začetku, ob prvi instalaciji, saj je potrebno nastaviti parametre, kot so ura in datum, preiskati je potrebno vse televizijske kanale, potrebno je ustvariti uporabniške nastavitve. Aplikacijo *SetUp* lahko pozneje poženemo vedno, kadar želimo spreminjati konfiguracijo Set-Top Box-a.
- Aplikacija preklapljanja med programi. Omogoča nam s tipkama »program gor« in »program dol« najosnovnejše zaporedno preklapljanje med programi. Ko naložimo drugo aplikacijo za izbiranje programov, se ta avtomatično deaktivira.

#### 4.12.2 Interaktivne aplikacije

Interaktivne aplikacije so aplikacije, ki dajejo novemu sistemu moč in operaterjem prinašajo dobiček. Interaktivne aplikacije lahko naložimo iz omrežja šele, ko se izvede startna sekvenca in se naložijo rezidentne aplikacije.

Na glavni sprejemni postaji imamo nameščena orodja, s katerimi lahko objektno programiramo aplikacije ter jim s tem damo določeno vsebino in obliko. Te aplikacije lahko nato naročnik po svojih željah in potrebah naloži na svoj Set-Top Box.

Določen nabor aplikacij je že programiran in ga je možno kupiti skupaj s sistemom, kar kabelskim operaterjem precej olajša delo.

Interaktivne aplikacije delimo v štiri profile:

1. **Lokalno interaktivne aplikacije.** Sem sodijo EPG (Electronic Programme Guide) – elektronski vodnik po programih, interaktivni video brskalnik, lokalne igre, vreme na zahtevo, ...
2. **Aplikacije s pravo interaktivnostjo.** Najbolj običajne aplikacije so omrežne igre, brskanje po bazah podatkov, interaktivno oglaševanje, Pay-per View (plačaj za ogled), elektronsko nakupovanje, elektronsko poslovanje, kvizi, ...
3. **Aplikacije povezane z internetom.** V povezavi z internetom poznamo tri vrste aplikacij. To so internet na TV zaslonu, e-mail na TV zaslonu ter hitri internet na osebem računalniku.
4. **Aplikacije naslednje generacije.** Inteligentne aplikacije, ki funkcije prej naštetih treh profilov dopolnjujejo s komponentami umetne inteligence in agentne tehnologije za iskanje in obdelavo podatkov.