

# Изследване и планиране на цифрова телевизия

Росен Пасарелски

## Research and planning of digital television

Rosen Pasarelski

***Abstract:*** *In research and planning a digital TV system, basic requirements such as:*

- Compatibility with the digital video and audio compression system developed under the MPEG2 name*
- Noise-proof signal encoding*
- equalizing the spectral density*
- orthogonal OFDM modulation*
- multi-frequency carrier of the multiplex*
- Providing a technical opportunity for synchronous networks without territorial restrictions and others.*

*These requirements undoubtedly lead to substantial benefits from digital television, which can be summarized as: high noise immunity, opportunity for neighboring TV channels, efficient energy use of the spectrum, single frequency SFN synchronous networks, saving of huge frequency resource and many others.*

***Key words:*** *Digital TV, video, planning, SFN, allotment.*

### 1. Въведение

За първи път за цифрова телевизия в световен мащаб започва да се говори през 1980 г. Тогава на американския пазар започват да се предлагат сателитни услуги, сред които приемане на радио и телевизия директно от спътник. Няколко години по-късно се появява и първият европейски комерсиален сателит (Астра 1А), който излъчва няколко телевизионни канала, собственост на Рупърт Мърдок. По същество цифровата телевизия означава телевизионен сигнал, който се излъчва, транслира и приема изцяло в цифров

вид. Цифровата телевизия се генерира в цифров вид и до приемането ѝ от телевизионните декодери не се преобразува в аналогова. С навлизането на цифровата телевизия се зараждат и различни телевизионни стандарти. Един пример е HD-TV (High Definition Television), който представлява цифров стандарт за излъчване и приемане на телевизионни канали с висока разделителна способност. Той се отличава с висока резолюция на картината и по-особени изисквания към телевизионните приемници. Стандартът се ражда през 2003 г., и малко след това започват да се предлагат и първите приемници, които отговарят на изискванията на тази технология.

Като дългогодишни потребители на аналогова телевизия е ясно, че невинаги се приема качествена и стабилна картина на телевизионните приемници. Понякога каналите отсъстват, а друг път са изцяло осеяни със смущения и окантовки. Поради техническото естество на цифровия сигнал, които е дискретен, при цифровата телевизия се получава така, че сигналът или е с достатъчно високо ниво, или изцяло липсва, т.е. получаваната картина и звук при всички случаи са без смущения.

Преносът на цифровия сигнал от излъчвателя до приемника може да става по няколко начина – наземно (DVB-T), сателитно (DVB-S) и кабелно (DVB-C). DVB (Digital Video Broadcasting) всъщност представлява набор от подходи, ползващи най-съвременните технологии за аудио- и видеокомпресия. Разликата между тях се състои в използвания тип модулация. Най-често срещаната компресия в този случай е MPEG-2.

На практика благодарение на кодирането на сигнала в цифров вид могат много точно да бъдат регламентирани изискванията на излъчвания телевизионен сигнал към наличната широчина на честотната лента на преносната среда. При коаксиален кабел например могат да бъдат излъчвани най-малко 20 пъти повече цифрови телевизионни канали в сравнение с аналоговия пренос.

Освен по-олекотени изисквания към преносната среда, цифровата телевизия осигурява една екстра, която може да бъде единствено мираж за аналоговата. Въпросната екстра се нарича интерактивност и на практика дава възможност абонатът сам да определя какво, как и кога да гледа. Сред най-популярните услуги от този вид е т.нар. “видео по заявка” (video on demand) – срещу определено заплащане абонатът може да гледа пожелани от него актуални филми и програми. Самата поръчка се осъществява посредством дистанционно управление. На практика услугата “видео по заявка” може да направи излишни съществуващите в момента квартални видеотеки.

Макар и да притежава доста преимущества, на този етап навлизането на цифровата телевизия у дома все още е възпрепятствано от изискванията на стандарта към домашния приемник. За да може крайният потребител да се

възползва напълно от възможностите на този тип телевизия, е необходимо да притежава цифров телевизор, или т.нар. set-top box устройство. По същество то представлява цифров тунер и е необходимо единствено в случаите, когато разполагате с по-стар модел (или какъвто и да било нов) аналогов телевизионен приемник. Това се налага от факта, че този тип приемници могат да визуализират предавания, излъчени и разпространени посредством аналогов сигнал. Цифровият тунер ще преобразува цифровия сигнал от телевизията в аналогов и на приемника ще може да се визуализира картина. Голяма част от правителствата по света са приели специален закон, съгласно който кабелните оператори са задължени да преминат към изцяло цифров метод на телевизионно разпространение.

## **2. Изследване и планиране на цифрова телевизия**

При създаването на системата за цифрова телевизия DVB\_T, DVB\_S, DVB\_C се поставят следните основни изисквания:

- Системата да е съвместима с цифровата системата за компресиране на видео и звукова информация разработена под наименованието MPEG2 (Moving Picture Expert Grupe – Europe, създадена към Фраунхоферовия институт за високи честоти в Германия – 1984г.). Ползи от цифровизацията и компресията:
  - ❖ Висока шумоустойчивост – 4-5 dB превишение на сигнала над смущаващото поле, гарантира отлично качество. Статистиката на многолъчево разпространение добавя още 6-9 dB от колебание на стойността на полето, при което 13 dB са достатъчни за гарантиране на качествен сигнал.
  - ❖ Ниски защитни отношения между съседни области работещи на един и същ канал (13-20 dB, срещу 45 dB за аналогови канали).
  - ❖ Възможност за работа на съседни TV канали.
  - ❖ Ефективно използване на честотния ресурс – в един аналогов TV канал се вмести 4-8 цифрови канала (цифров мултиплекс).
  - ❖ Ефективно използване на заеманата честотна лента – абсолютно равномерно разпределение на енергията в лентата.
- Да се използват най-добрите методи разработени за шумоустойчиво кодиране на сигнали по радиоканал – кодиране Риид-Соломон, нагънато кодиране, изравняване на спектралната плътност, йерархично кодиране, ортогонална OFDM модулация, многочестотна носеща на мултиплекса ~ /1500, 2400 или 8400 носещи за един мултиплекс/, независимо от сложността на техническата реализация.

Ползи и ефективност:

- ❖ Шумоустойчивост сравнима с най-добрите военни системи.
- ❖ Ефективно енергетично използване на спектъра, позволяващо намаляване на необходимото поле за обслужваната зона от 7-20 dB спрямо аналогов метод.
- ❖ Избягване на фаталните и неотстранимите проблеми при аналоговата телевизия с отраженията и превръщането на отраженията в полезен обработваем сигнал – (усилване на мрежата – статистически 3-6 dB).

- Обезпечаване на техническа възможност за синхронни мрежи без териториални ограничения.

Ползи:

- ❖ Едночестотни SFN синхронни мрежи, ограничени по територия само от икономически, програмно технологически и политически съображения.
- ❖ Спестяване на огромен честотен ресурс.
- ❖ Благодарение на защитния интервал и разпространението на вълните чрез много на брой теснолентови радиоканали се избягват негативните ефекти от отраженията и те се превръщат в полезен сигнал.

На базата на тези свойства на цифровата телевизия, произтичат редица важни принципи за планиране на наземна цифрова телевизионна мрежа:

1. Основната идея на плана за цифрова телевизия е клетъчна структура, подобна на подвижните мрежи от първо ниво - /голями клетки/.
2. Основният елемент на плана е allotments /SFN мрежа покриваща даден allotments/, а не assignments, както при аналоговите мрежи.
3. Чисти MFN са против идеята на цифровата телевизия /единични предаватели на различни честоти използващи високи точки и покритие на големи територии/.
4. Мощен и високо разположен предавател пречи на съседните предаватели /третите клетки/.
5. Използваните защитни интервали определят структурата на мрежата:
  - Увеличаването на защитния интервал от 56  $\mu$ sec ; 112  $\mu$ sec ; 224  $\mu$ sec (1/32; 1/16;1/8) води до намаляване на пропускателната битова скорост на мултиплекса – намалява се броя на възможните програми в един мултиплекс и се увеличава максималният радиус обслужван от един предавател. При най-големият защитен интервал се получава най-големият

обслужван радиус – 67 км., при 112  $\mu$ sec радиусът е 33.5 км. и при 56  $\mu$ sec радиуса е 16.7 км. От гледна точка на ефективна пропускателна способност, използването на защитен интервал над 112  $\mu$ sec е нерентабилно, поради малката пропускателна способност на канала.

Следователно не може да се разчита на клетки с радиус по-голям от 33 км. В голямите градове по-подходящ ще бъде радиус 16.7 км.

За такава клетка не е необходима висока точка на излъчване – ефективна височина от порядъка на 100-200 метра е напълно достатъчна и по-голяма височина пречи на всяка трета клетка.

Формулата за радиовидимост:

$$R = 4.3(\sqrt{H} + \sqrt{h}) \text{ [km; m]}$$

H – ефективна височина на предавателната антена [m]

h - височина на приемната антена [m]

показва нагледно колко ниски предавателни антени са подходящи за цифрови приложения. По високи антени при плоска земя ще пречат с полето си на всяка трета клетка.

6. Структурата на мрежата се определя от SFN allotments с неголями /~ 100 км размер на клетка/ или по-добре регионални размери, включени в общонационална смесена MFN/SFN мрежа или национална SFN мрежа за цялата страна за по малки държави. Смесената MFN/SFN мрежа няма нищо общо с чиста MFN мрежа.
7. Размера на клетката се определя основно от политико-икономически и програмни съображения. Няма технически ограничения за размера на SFN клетката.
8. С тази структура DVB\_T мрежата ще служи като допълваща мултимедиинна мрежа на GSM/GPRS мрежите за предаване на широколентови съобщения, благодарение на използване на статистическо уплътняване на телевизионния сигнал с данни. По такъв начин DVB\_ мрежата става част от бъдещата мрежа G4.

При планиране на цифрова телевизионна мрежа се определят така наречените области на покритие или алотмент области. Установяват се

ефективно комбинирани по подходящ начин сайтове, които се групират в една едночестотна мрежа.

- Изчисляване на зона на покритие на всяка станция от SFN:
  - Първоначално се изчислява зоната на покритие на всяка станция от SFN. Това изчисление се извършва на базата на цифров модел на релефа и използването на дифракционния метод за изчисление на напрегнатостта на електромагнитното поле и се състои от:
    - ❖ Конструирание на напречен профил от точката на излъчване до края на изследваната област на обслужване за даден азимут.
    - ❖ Изчисляване напрегнатостта на полето в равномерно отстоящи един от друг възли от профила през определена стъпка (напр. 50м), като се отчитат явленията дифракция и интерференция на електромагнитните вълни във всеки възел до края на профила.
    - ❖ Конструирание на достатъчно на брой профили във всички азимути, така че през всяка клетка от областта на изследване да минава поне 1 профил.
    - ❖ Процесът на изчисление на напрегнатостта на електромагнитното поле се повтаря за всеки конструиран профил.
    - ❖ Резултатите се запазват в матрица, покриваща изследваната област с растер, съответстващ на 50м x 50м от местността.

При процеса на изчисляване на зона на обслужване на едночестотна мрежа се определят параметрите на мрежата, както следва:

- Режим на работа на предавателите: **8к**;
- Защитен интервал : **Tg = 1/4**;
- Вид на модулацията: **16-QAM 2/3**.
- Тип на приемане – **fixed reception**
- Вероятност за покритие по места: **95%**.

При тези параметри

$E_{min} = 51 \text{ dB dB}(\mu\text{V/m})$ .

$C/N = 14 \text{ dB}$

$PR = 15 \text{ dB}$

Във всяка клетка на изследваната област се определя до каква степен сигналът, идващ от всеки предавател на едночестотната мрежа е полезен и до каква смущаващ. Това зависи от избрания защитен интервал. Полезните и смущаващите сигнали се сумират, като се използва t-LNM метод за сумиране на статистически величини, тъй като електромагнитните полета имат логаритмично-нормално разпределение. Проверява се критерият за обслужване на клетката, както следва:

- Изчислява се вероятността сумарният полезен сигнал да превишава минималната напрегнатост на полето:

$$P_1 = P(E_{use} > E_{min});$$

- Изчислява се вероятността сумарният полезен сигнал да превишава сумарния смущаващ сигнал + защитното отношение:

$$P_2 = P(E_{use} > E_{noi} + PR);$$

- Изчислява се сумарната вероятност:

$$CP = P_1 * P_2;$$

В случай, че сумарната вероятност надхвърля 95% , то клетката се смята за обслужена. Това се повтаря за всяка клетка от изследваната зона, в резултат на което се определя зоната на обслужване на едночестотната - SFN мрежа.

За определяне на контура на областта на разпределение – allotment област, се определят:

- Дефинират се точки в края на зоната на обслужване на едночестотната мрежа в 36 направления, които да формират полигона на SFN зоната.
- Около полигона на SFN зоната се дефинират точки, които да описват контура на областта на разпределение като многоъгълник, обхващащ полигона на зоната.

За определяне на смущенията между отделните области на разпределение и на взаимните смущения се изследва и извършва следното:

- Проверяват се взаимните смущения между всяка двойка области на разпределение:
  - ❖ първата област е с полезната си зона на обслужване, а втората със смущаващата си зона и обратно.
- Смущаващата зона на областта на разпределение се определя при гранична напрегнатост на полето  $E_{inf} = 16.63 \text{ dB}(\mu\text{V}/\text{m})$ . В тази гранична

напрегнатост на смущаващата зона е отчетено защитното отношение DVB -DVB за еднакъв канал  $PR = 15 \text{ dB}$ , както и propagation correction factor  $C = 12.75 \text{ dB}$ , за избраните параметри на едночестотната мрежа.

Ако в един от двата варианта се изобразяват смущения на екрана, то се приема, че избраните области на разпределение ще си пречат и не могат да работят на еднакъв канал. При тази проверка се попълва граф на взаимните смущения, чиито върхове са областите на разпределение, а ребрата му са смущенията между всеки две области на разпределение (върха). Ако две области (върха) се смущават взаимно, то между съответните върхове на графа има ребро.

За математически модел на честотно разпределение е използван граф на взаимните смущения между областите. Изследва се чрез оптимизационна задача за оцветяване на граф с минимален брой цветове.

Съпоставят се цветовете, съответни канали, и полученото решение отговаря на честотното (каналното) разпределение на една телевизионна мрежа. Това е при идеални условия – когато спектъра е свободен.

За действителен случай се разглеждат три типа ограничаващи фактори:

1. Канали, на които работят в момента предавателите в съответната алотмент зона.
2. Планирани и защитени канали по международния честотен план, които могат и да не са пуснати в действие.
3. Планирани предавателни станции на съседни държави за граничните алотмент зони.

### **3. Заключение**

С появата на цифровата телевизия се решават много от проблемите на преноса на телевизионни и радио канали по ефир, кабел и чрез спътник. За крайният потребител цифровата телевизия предлага високо ниво и качество на картината, което е следствие от естеството на цифровите сигнали, които са дискретизирани и се влияят много по-малко от смущения от аналоговите.

При изследване и планиране на система за цифрова телевизия се поставят основни изисквания като:

- съвместимост с цифровата системата за компресиране на видео и звукова информация разработена под наименованието MPEG2
- шумоустойчиво кодиране на сигнали
- изравняване на спектралната плътност



- ортогонална OFDM модулация
- многочестотна носеща на мултиплекса
- обезпечаване на техническа възможност за синхронни мрежи без териториални ограничения и други.

Тези изисквания несъмнено водят до съществени ползи от цифровата телевизия, които могат да се обобщят във: висока шумоустойчивост, възможност за работа на съседни ТВ канали, ефективно енергетично използване на спектъра, едночестотни SFN синхронни мрежи, спестяване на огромен честотен ресурс и много други.