

**AN APPROACH TO INCREASE THE BANDWIDTH IN HYBRID FIBER-COAXIAL
CABLE TELEVISION NETWORKS**

Krasen K. Angelov

Technical University of Gabrovo, 4 H. Dimitar str., 5300 Gabrovo, Bulgaria

Abstract

In recent years broadband access services have growth worldwide and the bandwidth demand per subscriber for video and data services over HFC networks is increasing very rapidly. Current cable plants will not be able to support the downstream bandwidth needs over 5 years. Furthermore, the upstream bandwidth need in the future far exceeds today's capacity. This paper presents several key incremental steps to increase the bandwidth in HFC: node splits, cable bandwidth expansion, introduction of DOCSIS3.0 and fiber-based access solution.

Key words: Hybrid Fiber-Coax network, digital television, node splits, DOCSIS3.0

1. ВЪВЕДЕНИЕ

С въвеждането на двупосочна връзка (обратен канал) в системите за кабелна телевизия, пред абонатите се предостави широк набор от услуги. Най-популярните сред тях са високоскоростния интернет достъп и телефонията [2]. При това настъпи и рязко увеличаване в изискванията към правия канал, тъй като се повиши интереса към телевизионните програми с висока резолюция (HD), видеото по заявка и платените телевизионни програми.

За да бъде една съвременна кабелна телевизионна мрежа конкурентоспособна, към нея се изисква да осигурява голям брой цифрови телевизионни програми с високо качество на изображението, пакет от цифрови програми с висока резолюция, интернет достъп при скорости между 10 и 20 Mbps, надеждна и качествена телефония. Трябва да се отчете и факта, че в сравнение със ситуацията от преди 5 години, общото потребление на услуги като цяло се е повишило между 25% и 50%, и непрекъснато нараства.

Хибридните оптично-коаксиални (HFC) кабелни телевизионни мрежи са икономични, но се характеризират с относително ниска надеждност и ограничена пропускателна способност за интерактивни услуги с адресация. Взимайки под внимание тенденциите в развитието на пазара през последните няколко години, нарастващото потребление и бързото развитие на нови услуги, следва, че днешните кабелни телевизионни мрежи няма да може да поддържат през следващите 5 години темпа в нарастването на трафика от услуги, т.е. нарастването на изискванията към ширината на честотната лента. Тъй като честотния ресурс на кабелните телевизионни мрежи е ограничен, това налага да се предвидят и въведат последователни технически мерки, обвързани в един общ подход за преодоляване на тези ограничения.

**2. СЪСТОЯНИЕ НА КАБЕЛНИТЕ ТЕЛЕВИЗИОННИ МРЕЖИ В БЪЛГАРИЯ И
ОЦЕНКА НА БЪДЕЩОТО РАЗВИТИЕ**

Основната част от спектъра в кабелните телевизионни мрежи е заета от канала за телевизионно разпръскване, който осигурява стабилни, но относително невисоки доходи.

За разлика от телевизионното разпръскване, едновременния достъп до всички абонати, както и обема и качеството на услугите с адресиране зависи от броя абонати намиращи се в обща в група на обслужване [3,7]. Именно интерактивните услуги с адресиране днес представляват интерес за операторите на кабелните мрежи. При това заделеният за точно този тип услуги честотен диапазон се оказва недостатъчен.

Честотният спектър, заделен за интерактивни адресни услуги в правия канал, обикновено е с ширина 100–200 MHz. Съществен проблем е невъзможността за увеличаването на капацитета, свързан с услугите предавани по обратен канал. Честотният диапазон на обратния канал е от 5 до 45/65 MHz (Таблица 1), като при това известна част от него е неизползваема поради натрупването на шум [3]. При 500 абоната на един възел и ширина на един радиочестотен (RF) канал 3,2MHz (5,1Mbps@QPSK), броят използвани канали в диапазона на обратния канал ще бъде между 9 и 15, а при канал 1,6MHz (2,5Mbps@QPSK) – между 15 и 30. Това е крайно недостатъчно на фона на очакваното изисквано нарастване до минимум 40Mbps (Таблица 3).

По отношение на текущото състояние на кабелните телевизионни мрежи в България, ситуацията може да се обобщи по следния начин (Таблица 1):

Таблица 1. Състояние на кабелните телевизионни мрежи в България

Параметър	Стойност	Забележка
Брой абонати на един оптичен възел	500	Броят абонати за един оптичен възел може да варира от 125 до 1000, следователно за средна стойност се приема около 500.
Горна граница на честотния диапазон	до 760MHz	Повечето HFC системи използват активно диапазона до 760MHz, независимо, че може да се разшири до 860MHz или 1GHz.
Честотна лента: прав / обратен канал	до 46MHz / до 705MHz	Най-често използваните.
Ширина на RF канал: прав канал	6MHz (38Mbps) 8MHz (51Mbps)	Капацитет при 64-QAM формат на модулация.
Ширина на RF канал: обратен канал	1,6MHz (2,5Mbps) 3,2MHz (5,1Mbps) 3,2MHz (10,2Mbps) 6,4MHz (30Mbps)	– при използване на QPSK модулация; – при използване на QPSKмодулация; – при използване на 16-QAM модулация; – при използване на 16-QAM модулация;
Брой HD програми за един RF канал	2	При скорост 19,8Mbps за програма някои програми са кодирани за по-ниска резолюция.
Брой SD програми за един RF канал	10	При скорост 3,5Mbps за програма някои програми са кодирани за по-ниска резолюция.

В Таблица 2 са представени средни стойности на параметрите на основните услуги при сегашното състояние на кабелните телевизионни мрежи и е направена относителна оценка на бъдещите очаквания.

Таблица 2. Параметрите на услугите в кабелните телевизионни мрежи

Параметър	Текуща стойност	Очаквана стойност	Забележка
Брой аналогови програми	80	40 / 7	След пълната цифровизация до края на 2012г. ще останат само основен пакет от национални аналогови програми.
Брой SD програми	100	100	Основно нарастване се очаква по отношение на броя HD програми.
Брой HD програми	3	20	
Отношение видео услуги / услуги за данни	0,35	0,75	Увеличаване в процента абонати, използващи не само видео услугите, но и услугите за данни.
Коефициент на пиково използване на интернет достъпа	0,05	0,15	Брой потребители, едновременно, активно качващи/свалящи данни. Нарастването се очаква поради популяризацията на Интернет телевизията.
VoD коефициент на пиково използване	0,1	0,2	Очаквано увеличение.
Процент на HD VoD	0	0,5	Очаквано рязко увеличаване с падането на цените и масовото навлизане на HD телевизионни приемници.

В Таблица 3 са обобщени изискванията към честотната лента по видове основни услуги и е представена оценка на бъдещите очаквания.

Таблица 3. Ширина на честотната лена за най-използваните интерактивни услуги

Услуга	Честотна лента		Забележка
	текуща	очаквана	
VoIP	120Kbps	240Kbps	Общата необходимост от нарастване на честотната лента е малка.
Интернет – даунлоуд	2Mbps	40Mbps	Обобщени средни стойности.
Интернет – ъплоуд	512Kbps	10Mbps	
Цифрова телевизия с нормална резолюция	3,75Mbps	2Mbps	Необходимата ширина на честотната лента ще намалее, при допускане, че ще се въведе по-ефективно кодиране.
Цифрова телевизия с висока резолюция	19,8Mbps	10Mbps	

От представените в Таблицы 1, 2 и 3 данни може да се направят следните по-важни изводи:

- Не достатъчно ефективно се използва високочестотния обхват от диапазона на правия канал;
- Честотният ресурс на обратния канал е крайно ограничен;

- Забелязва се чувствително нарастване към изискванията за скоростта на интернет достъпа;
- По отношение на телевизията със нормална резолюция (SD) и висока резолюция (HD) се очаква използването на по-тясна честотна лента за един канал, но това е при допускане, че прилаганото днес MPEG-2 кодиране бъде заменено с по-ефективно – напр. MPEG-4;
- Очаква се броят на телевизионните програми с висока резолюция да нарасне значително.

Базовите изисквания към хибридните HFC мрежи от ново поколение и технологиите, които могат да осигурят тяхната реализация са представени обобщено в Таблица 4. За удовлетворяване на необходимите бъдещи изисквания, еволюцията на хибридните мрежи включва последователни стъпки, реализиращи преход от аналогов към цифров телевизионен стандарт, повишаване на спектралната ефективност (използване на определена радиочестотна лента), сегментация, доближаване на оптичното влакно до абоната и съкращаване на активните компоненти.

Таблица 4. Базови изисквания към хибридните HFC мрежи от ново поколение

Базови изисквания към хибридната HFC мрежа от ново поколение	Начини за изпълнение на поставените изискванията
Осигуряване на ефективно използване на честотната лента.	Високо ниво на QAM модулация в правия канал: 256-QAM (50Mbit/s/MHz). Въвеждане на DOCSIS 3.0. Нови ефективни стандарти за компресия на видео-изображението (MPEG-4/H.264, VC-1).
Предоставяне на по-широка честотна лента за всеки абонат с цел увеличаване на печалбата от абонатите.	Сегментация на мрежата – понижаване броя на абонатите в групата за обслужване до 100 – 250. Въвеждане на оптичното влакно дълбоко в мрежата за разполагане на оптичните възли по-близо до абонатите.
Осигуряване на ефективна инфраструктура на мрежата.	Предоставяне на допълнителни услуги по общото влакно, използвайки технологии от вида DWDM/CWDM.
Осигуряване на висока надеждност на мрежата и качество на услугите (понижаване разходите за експлоатация и техническо обслужване).	Оптимално проектиране на мрежата с резервиране на оборудването и оптичните влакна. Използване на високо надеждни компоненти в мрежата. Понижаване на количеството активни елементи в мрежата.

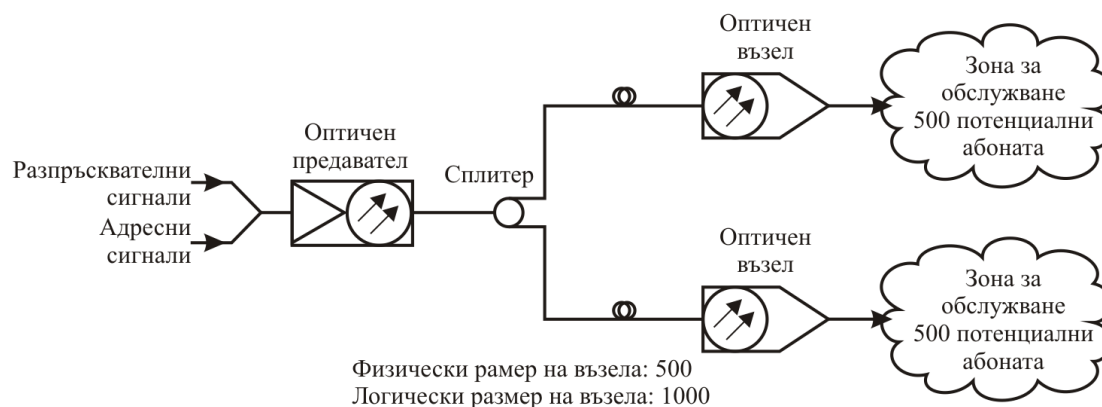
3. СЪПКИ ЗА УВЕЛИЧАВАНЕ НА ШИРИНАТА НА ЛЕНТАТА В HFC МРЕЖИ

На базата на представената в Таблица 1 до 4 обобщена информация, тук ще бъдат предложени и разгледани основни стъпки, които биха позволили успешната еволюция на кабелните телевизионни мрежи към очакваните изисквания. Ще бъде направена и относителна оценка на големината на разходите, необходими за реализацията на всяка една стъпка.

3.1. Сегментиране на оптичните възли

Една от първите и задължителни стъпки, това е сегментация на оптичните възли с едновременна сегментация на коаксиалните участъци от мрежата, с цел намаляване размера на обслужваната зона от 1000 – 1200 на 500 абонати [4]. Следващият етап и най-ефективният метод на сегментация е въвеждане на оптично влакно възможно най-близо до абоната (виж т.3.6) [1]. В рамките на всеки участък от 100 – 250 абоната се разполага оптичен възел, който да осигури висока пропускателна способност на услугите с адресация в мрежата. Честотната лента за един абонат в този случай е достатъчна за повечето от новите услуги с адресация, които изискват висока скорост на предаване на данните: видео по заявка, широколентов достъп до Интернет, обмен на файлове и др. Като резултат се понижава количеството активни елементи в мрежата, което води до по-висока надеждност, която е необходима при въвеждането на IP-телефония [11].

Съществува разлика между физически и логически размер на възела (фиг. 1).

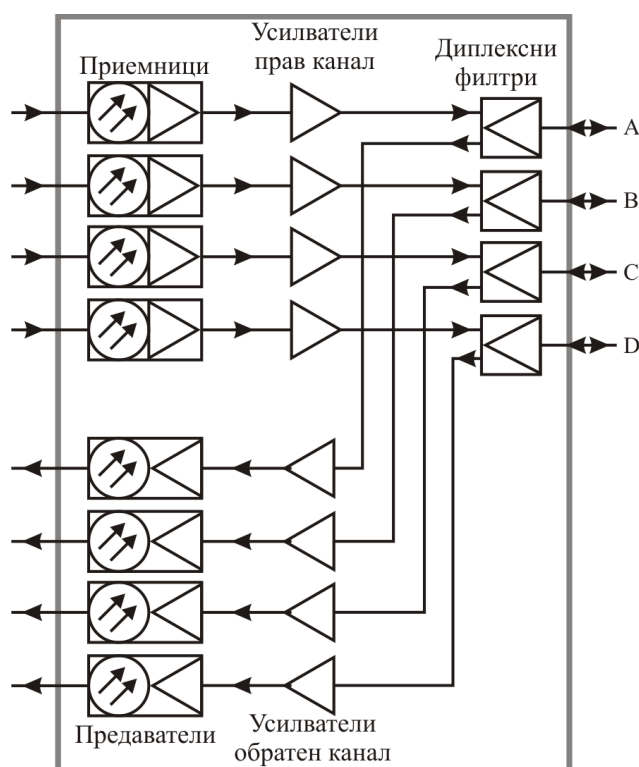


Фиг. 1. Формиране на размера на физически и логически възел

Физическият размер се дефинира като броя потенциални абонати, които получават сигнали от и предават сигнали към оптичния възел. Логическият възел се дефинира от броя потенциални абонати, които получават уникални сигнали или група от сигнали, т.е. т.нар. адресни услуги. На фиг. 1 изходът на един оптичен възел в главната станция (ГС) се разделя и маршрутизира към два оптични възела, като всеки от тях се асоциира с 500 потенциални абонати. Следователно физическият възел ще обслужва зона с 500 абоната, а логическият възел ще обслужва зона с 1000 абоната. При нарастване на трафика, логическият възел може да се редуцира до размера на физическия възел. Физическият възел може да се редуцира допълнително по размер при необходимост, т.е. да се реконфигурира (сегментира) чрез добавяне на допълнителни приемници и предаватели [4]. Във възходяща посока (обратния канал) сигналите от няколко възела могат да се приемат в оптичния възел (най-често на дължина на вълната 1310nm), да се обединяват на радиочестотно ниво, след което да се предадат към главната станция чрез използване на оптични предаватели на 1310nm или на 1550nm. Степента, на която сигналите по правия канал може да се разделят, а сигналите в обратния канал може да се обединяват, дефинира размера на логическия възел.

При първоначалното проектиране на системата след всички тези редукции физическият възел трябва да бъде достатъчно малък, за да позволи честотна лента за всеки от абонатите, осигуряваща пълноценно всички услуги.

Ако нарастването на изискваната честотна лента се очаква да бъде голямо, тогава трябва да се инсталират модулни възли с възможност за сегментация. При нарастване на изискваната честотна лента, възелът ще се реконфигурира така, че ефективно да се увеличи лентата, достъпна до всеки от абонатите [3,7].



Фиг. 2. Четирипосочен сегментиран оптичен възел

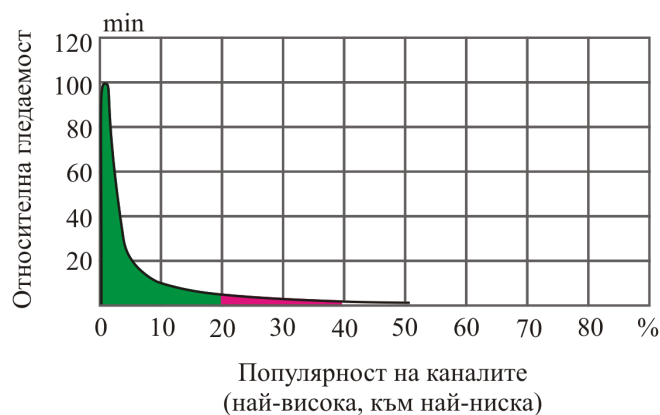
В алтернативен сценарий, напълно сегментиран възел може да замени съществуващия възел, който текущо обслужва голяма област. И в двата случая се изисква обслужваната зона да се раздели на по-малки подобласти, което означава, да има най-малко две коаксиални кабелни линии, излизащи от възела. Идеалният сценарий е пълно използване на четирипосочен сегментиран възел (фиг. 2), при което съществуващата зона за обслужване се разделя на 4 напълно еднакви подобласти. Допуска се, че всеки сегмент се обслужва от две влакна (едно за правия канал и едно за обратния канал).

Трети възможен сценарий е броят оптични влакна да е ограничен и да не е възможно към нито едно от тях да се присъедини приемник или предавател. Тогава като алтернатива може да се предложат следните стратегии:

- а) използване на предаватели за обратния канал на различна дължина на вълната и обединяване и предаване на сигналите им по едно оптично влакно;
- б) честотно отместване (преобразуване) на четирите честотни ленти така, че да могат да се обединят в един предавател (диапазонно конвертиране);
- в) цифровизиране на всяка лента в обратния канал, мултиплексиране на потоците и използване на един оптичен предавател (например на 1310nm).

3.2. Система за комутируемо предоставяне на видео програми

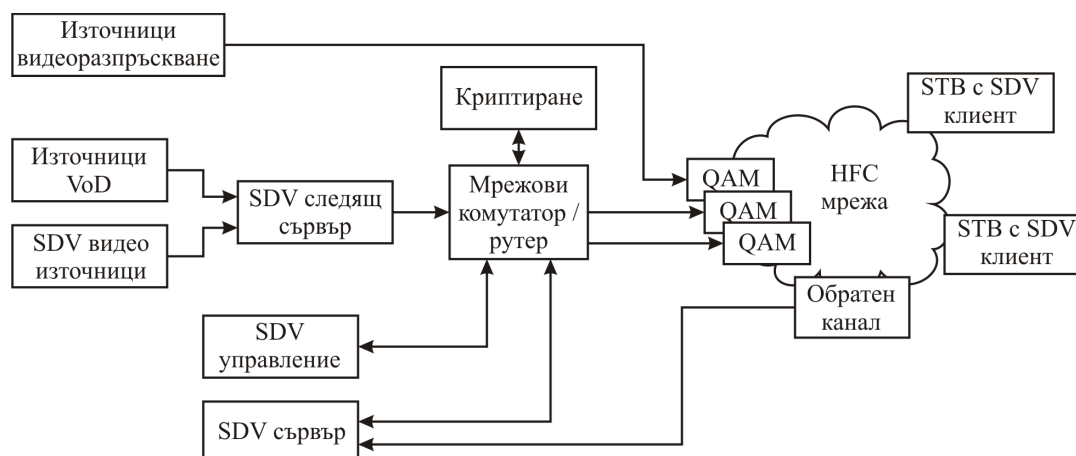
Изследване, проведено от Comcast [12] (фиг. 3) показва, че едва 20% от каналите са с голяма гледаемост от абонатите. На практика се получава ситуация, при която от 200 канала едва 40 от тях са активни (т.е. се гледат) в даден времеви диапазон.



Фиг. 3. Относителна гледаемост на програмите според тяхната популярност

Нека разгледаме за пример оптичен възел, обслужващ 125 абоната със 65% коефициент на натоварване, 3 видео устройства във всеки дом (абонат) и 200 предоставяни програми. При нормален подход това означава едновременно предаване на 200 видео потока за всички тези 200 програми. Ако допуснем, че работят 75% от видео устройствата, настроени на най-гледаемите 50 програми, следва, че останалите устройства, всяко изискващо уникален поток, биха се нуждаели от допълнителни 61 потока от общия брой от 111 видео потока. От това следва, че около 40% от тези 200 канала не се използват.

За осигуряване на икономия от тези 40% може да се въведе т.нар. система за комутируемо предоставяне на видео програми (SDV – Switched Digital Video). Блоквата схема на такава система е показана на фиг. 4.



Фиг. 4. Архитектура на система за комутируемо предоставяне на видео програми

Предназначението на SDV следящия сървър е да предава към оптичния възел само тези програми, които са избрани от абонатите, свързани към този оптичен възел. Във всеки абонатен приемник е инсталиран SDV клиент, който комуникира с SDV сървъра. По този начин SDV сървъра следи от своя страна за промени в избраните канали. Чрез въвеждане на система за комутируемо предоставяне на видео програми може да се постигнат от 40% до 50% икономии в честотната лента за услуги едновременно до всички абонати. Основните разходи при тази система са съсредоточени в STB клиента, SDV сървърите и QAM модулаторите. Разходите за абонат са относително съизмерими с тези при сегментиран на оптичните възли.

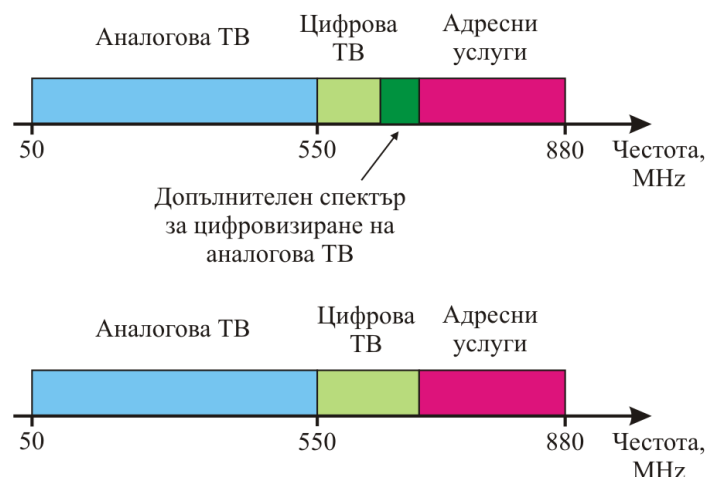
3.3. Преход от аналогова към цифрова телевизия

Съгласно изискванията на Европейския съюз до 2012г. трябва да бъде извършен преход към цифрова телевизия. Основните кабелни оператори в България стартираха в края на 2008г. пилотни проекти за преход към изцяло цифрова кабелна телевизия [15], но реалните условия показват, че пред спешната реализация на тази задача стои сериозния проблем с качеството на изграждане на кабелните мрежи, тяхната надеждност и съответно качеството на предаваните по тях сигнали. Освен това за съвместимост с цифровите телевизия е необходимо към старите телевизионни приемници с аналогов тунер да бъдат инсталирани цифрови абонатни приемници по стандарта DVB-C.

В резултат на това повечето кабелни оператори предпочитат следния междинен подход: в телевизионните разпръсквателни услуги броят аналогови канали постепенно ще се намалява, отстъпвайки място на цифровата телевизия със стандартна и висока резолюция. С цел осигуряване на плавно преход, операторите подготвят мрежата за временно паралелно предаване на програми в аналогов и цифров вариант. Но наличният спектър в много случаи е вече зает със съществуващите канали и услуги, поради което може да се реализира например плана, показан на фиг. 5:

- Съществуващите цифрови канали се подлагат на прекодиране с по-високо ниво на компресия (1:16), при което се освобождават до 5 телевизионни канала.
- Всички аналогови програми се кодират с ниво на компресия до 1:16, което позволява разместването им в пет канала с 256-QAM.

По този начин целият аналогов спектър се дублира в цифров вид, което осигурява плавен преход до тогава, до като всички абонати не преминат на цифрови кабелни устройства.



Фиг. 5. Преразпределение на радиочестотния спектър при преход от аналогова към цифрова телевизия

Все още голям процент от телевизионните приемници са с аналогови тунери и не са пригодни за цифрова телевизия, поради което основните разходи тук са за въвеждането на цифрови абонатни приемници.

3.4. Разширяване на честотния диапазон

Както бе споменато в т.2, в съвременните кабелни телевизионни мрежи честотният диапазон в правия канал се използва ефективно едва до 760MHz. Разширяването на използваните честоти до 1GHz би позволило въвеждането на голям брой телевизионни канали и канали, свързани с интерактивните услуги. Разходите за реализация на тази стъпка са основно за оборудване – широколентови усилватели, сплитери, изолатори и др. Необходимо е да се използват и абонатни приемници със съответните тунери, подходящи за диапазон до 1GHz. Следователно сумарните разходи за единица абонат ще бъдат относително високи.

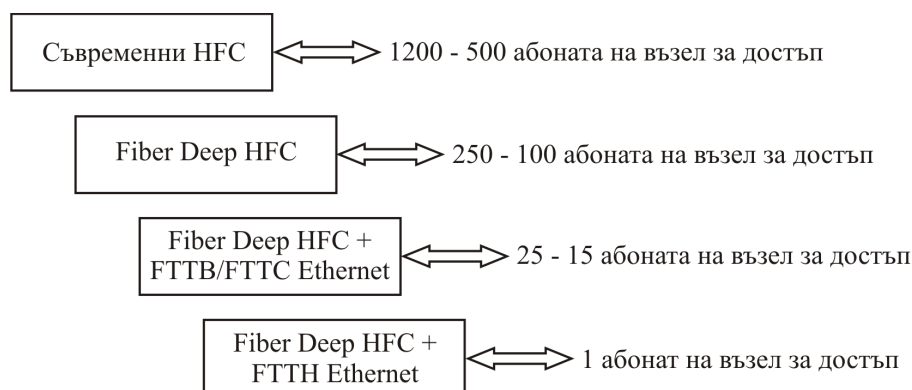
3.5. Въвеждане на по-ефективно кодиране

Въвеждането на по-ефективно кодиране ще снижи ширината на използваната честотна лента за програма. Например, при използване на MPEG-4 кодиране броят SD или HD програми, пренасяни в един 6 или 8 MHz канал ще се удвои. Но все още преобладаващата част от абонатните приемници не са пригодни за MPEG-4, а тяхната подмяна ще бъде сложна и скъпо струваща стъпка.

3.6. Оптични технологии с дълбоко въвеждане на оптичното влакно и оптично мултиплексиране

Еволюцията на мрежата неизбежно е свързана не само със сегментацията ѝ, но и с въвеждане на оптично влакно с дълбоко проникване по посока към абоната, а в следствие и до самия абонат, с цел увеличаване на честотната лента достъпна за абоната [3,8].

Процеса на сегментиране и проникване на влакното по-близо до абоната (Fiber Deep) е показано на фиг. 6.



Фиг. 6. Процес на сегментация и проникване на оптичното влакно по-близо до абоната

Независимо от нивото на сегментация е необходимо да се приложи електронно или оптично мултиплексиране на сигналите.

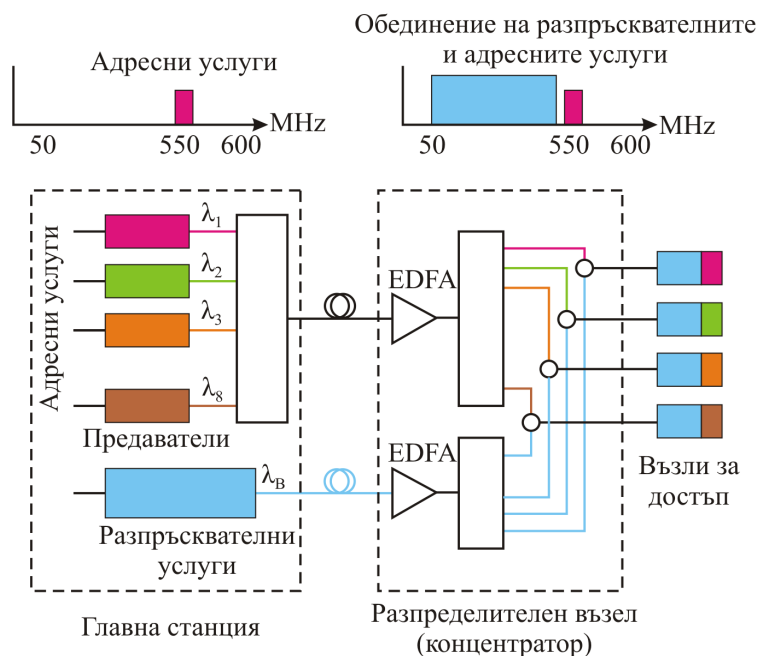
Технологията CWDM (Coarse Wavelength Division Multiplexing – грубо мултиплексиране по дължина на вълната) позволява използването на съществуващата инфраструктура на хибридната мрежа за осигуряване на високоскоростен достъп до Интернет по Ethernet-протокол в зоната на обслужване от HFC мрежата [6]. Технологията Ethernet-по-CWDM може да се използва за осигуряване на достъп до Интернет на бизнес клиенти при скорости 10Mbps, 100Mbps, 1Gbps.

Технологията CWDM използва стандарт ITU, с разположение до 18 различни дължини на вълната в широк оптичен диапазон от 1270nm до 1610nm с интервал 20nm между тях. Във връзка с това, че отделните дължини на вълната отстоят далече една от друга (в сравнение DWDM – плътно спектрално мултиплексиране), активните и пасивни оптични компоненти по CWDM-технология не са много скъпи.

В разработена от компанията Harmonic система например, практически се използват само 10 CWDM канала с дължини на вълните над 1310nm [14]. Това позволява съвместяване в едно влакно на CWDM-канали с каналите с дължина на вълната 1310nm, които се използват за предаване на телевизионни канали (широколентово телевизионно разпръскване). Пасивните оптични филтри и мултиплексори осигуряват разделение и обединение на съответните дължини на вълната за всеки абонат и едновременно безпрепятствено провеждане на основните сигнали по хибридната мрежа.

Друг подход е използването на DWDM-технология [6,10], която може да осигури пренасянето на услуги с адресация, за които не е достатъчен радиочестотния спектър. За сметка на спектралното разделяне на услугите с адресация в пълния разрешен спектър, който е предназначен за адресните услуги, се извършва многократно използване на участъка за тяхното разпределение поотделно за всяка относително неголяма група абонати.

Обобщената функционална схема на подобна система, която пояснява принципа на сегментация на мрежата с помощта на DWDM, е показана на фиг. 7.



Фиг. 7. Обобщена функционална схема на използване на технологията DWDM за увеличаване на обема предоставяни услуги с адресация

Сигналят за телевизионно разпръскване се предава по отделно оптично влакно от главната станция към разпределителния възел (концентратор). Дължината на вълната на този предавател се намира извън пределите на DWDM-спектъра.

Група DWDM-предаватели предават QAM-сигнали за кабелните модеми по отделно влакно от главната станция към разпределителния възел. Тези сигнали могат да заемат един и същи участък от радиочестотния спектър. Всяка дължина на вълната пренася адресни услуги за определена група абонати, включени към възела. Оптичните мултиплексори се използват за обединение и разделяне на дължината на вълната [6]. В концентратора всяка дължина на вълната оптично се комбинира с общия телевизионен разпръсквателен сигнал и по общо влакно се предава към съответния възел.

DWDM-технологията позволява оптично да се комбинират сигналят за телевизионно разпръскване с дължина 1550nm или 1310nm заедно със сигналите на услугите с адресиране, които се предават по DWDM оптични дължини на вълната. Правият канал обслужва всички абонати на системата включени към възела. Пълният обратен канал се предоставя на неголеми групи до 250 абонати.

3.7. DOCSIS3.0

Всички разгледани до тук стъпки се отнасяха основно за по-ефективно използване и разширяване на честотната лента в право направление. Но основният ограничаващ и най-

проблемен фактор, това е връзката по обратно направление. От казаното до тук ефективно положително влияние върху пропускателната способност по обратен канал би имало сегментирането на оптичните възли. Стъпката, която би позволила значително увеличаване на пропускателната способност и по обратен канал, е внедряването на спецификацията от 3-то поколение DOCSIS3.0 [3,9]. Първият пилотен проект за въвеждане на DOCSIS3.0 стандарт в България бе стартиран през есента на 2009 в г. Плевен [13]

В таблица 5 е представено сравнение между различните версии на стандарта DOCSIS.

Таблица 5. Сравнение между версиите на стандарта DOCSIS

Версия	Прав канал, Mbps	Обратен канал, Mbps
DOCSIS1.0 / EuroDOCSIS1.0	38 / 55	2,5 / 2,5
DOCSIS1.1 / EuroDOCSIS1.1	38 / 55	10 / 10
DOCSIS2.0 / EuroDOCSIS2.0	38 / 55	30 / 30
DOCSIS3.0 / EuroDOCSIS3.0	160 / 220	120 / 120

Важно е да се отбележи, че DOCSIS3.0 всъщност не увеличава капацитета по честотна лента в правия или обратния канал. При DOCSIS3.0 се въвежда поддръжката на IPv6 и обединяването на няколко канала с ширина 6 или 8 MHz, което позволява много по-големи пакетни скорости на абонат. Обединяването на 4 канала позволява скорост от 160Mbps в правия канал, а при използване на 64-QAM формат на модулация и канали с ширина 6,4MHz – скорост до 120Mbps в обратния канал (Таблица 6).

Таблица 6. Обединяван на канали в DOCSIS3.0

Прав канал (6MHz@256-QAM)	Обратен канал (6,4MHz@64-QAM)
Четири канала: 160Mbps	Четири канала: 120Mbps
Три канала: 120Mbps	Три канала: 90Mbps
Два канала: 80Mbps	Два канала: 60Mbps

Основните разходи се падат за кабелни модеми, поддържащи DOCSIS 3.0, до като разходите са системите за терминиране на кабелните модеми (CMTS), разпределени за единица абонат излизат относително ниски.

4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Правилният избор на технология, оптимална конфигурация и подходяща стратегия за развитие на мрежата позволяват да се постигне съществена икономия на ресурси при осигуряване на изискваните скорости, надеждност и условия за увеличаване размера на обслужваната зона и броя потребители на адресни услуги.

Въвеждането на сегментиране и оптичните архитектури на мрежите за кабелна телевизия осигуряват увеличение на транспортния ресурс и повишаване на надеждността на работа.

Имайки предвид горните съображения може да се препоръча следната стратегия при изграждане и развитие на хибридна мрежа:

- Намиране на оптимален баланс между себестойността на мрежата и желаният обем предоставяни услуги;
- Поетапен преход към изцяло цифрова телевизия;
- Оптимизиране на използвания честотен ресурс чрез въвеждане на по-добро кодиране стандарта DOCSIS3.0;
- На базата на съществуващата инфраструктура да се положат участъци с допълнителни оптични влакна към зоните на обслужване с голямо натоварване и да се извърши сегментиране на тези зони;
- Да се предложат услуги с широколентов достъп по технологията CWDM/DWDM на абонати, готови да платят за подобни услуги;
- Поетапен и постепен преход от хибридна архитектура към оптична архитектура.

БЛАГОДАРНОСТИ:

Този доклад и проучванията в него са спонсирани по проект „Повишаване ефективността и качеството на обслужване в широколентови хибридни кабелни телевизионни мрежи”, договор Е-904/2009 към УЦНИТ при ТУ- Габрово.

ЛИТЕРАТУРА

1. Angelov K., K. Koitchev, N. Varbanova, Analysis of methods for establishing fiber-to-the-premise over cable television networks, UNITECH 2009, Proceedings Vol. 1, pp.271-278, Gabrovo, Bulgaria, 2009.
2. Ангелов К., К. Койчев, Н. Върбанова, С. Садинов. Относно възможностите за доставка на IP-базирани Triple Play услуги в хибридни оптично-коаксиални кабелни телевизионни мрежи. ММ&Т2007, стр.117-134, Слънчев Бряг, 2007.
3. Ангелов К., К. Койчев, С. Садинов, Н.Върбанова. Технически аспекти при проектиране на обратния канал в широколентови кабелни телевизионни мрежи. ММ&Т2008, Vol. 2, Part 2, стр.110-131, Слънчев Бряг, България, 2008.
4. Балабанова И., К. Ангелов, С. Садинов, Т. Илиев, Избор на конфигурация на оптичните възли за равномерно разпределение на трафика в хибридни кабелни телевизионни мрежи, РУ&СУ'09, Научни трудове, Том 48, серия 3.2, стр.83-87, Русе, 2009.
5. Барг А., С. Смирнов. Третье дыхание DOCSIS'а или оптимальная модель поведения оператора HFC-сетей сегодня. "Кабельщик", №7 (21), с. 46-49, 2007.
6. Наний О., Основы технологий спектрального мультиплексирования каналов передачи (WDM), LIGHTWAVE russian edition №2, стр.47-52, 2004.
7. Песков С., А. Шишов, Практические рекомендации по построению интерактивных мультимедийных кабельных сетей коллективного телевизионного приема (КСКТП). "Телеспутник", № 10, 11, 12, 2003.

Journal of International Scientific Publication:
Materials, Methods & Technologies, Volume 4, Part 3

8. Прокопук Е., М. Субботин. Современные тенденции в построении мультисервисных сетей передачи данных и телевидения. “Кабельщик”, №9 (23), с.28-30, 2007.
9. CM-SP-PHYv3.0-I08-090121, Data Over Cable Service Interface Specifications – DOCSIS 3.0, Physical Layer Specification, CableLabs, 2009.
10. Hybrid Fiber-Coax (HFC) and Dense Wavelength Division Multiplexing (DWDM) Networks, IEC Web ProForum Tutorials, 2000.
11. Varbanova N., K. Koitchev, K. Angelov. Planning of VoIP System for Hybrid Fiber-Coaxial Television Networks. ICEST 2007, Proc. of Papers, pp.425-428, Ohrid, Macedonia, 2007.
12. <http://www.comcast.com/Corporate/About/Pressroom/Pressroom.ashx?lid=3AboutPressRoom&pos=Nav&>
13. http://ekk.bg/mod_news_view_392.html
14. http://www.harmonicinc.com/view_ban_product_group.cfm?classID=1944
15. http://pcworld.bg/7620_evrokom_startira_piloten_proekt_za_preminavane_ot_analogova_kam_cifrova_tv