

ЕФЕКТИВНОСТ НА МЕТОДИТЕ ЗА МОДУЛАЦИЯ, ИЗПОЛЗВАНИ В ТЕХНОЛОГИЯТА DSL

Д-р инж. Кирил Атанасов Кирев – БТК-ЕАД,
тел. 9171259, e-mail kirevk.ired@btc.bg
гл. ас. д-р инж. Илия Георгиев Илиев – ТУ София
н.с. I ст. инж. Михаил Фратев Фратев - НИИС

Kirev K.A., I.G. Iliev, M.F. Fratev, EFFICIENCY OF THE MODULATION METHODS USED IN DSL TECHNOLOGY. Different modulation and coding methods, used by the DSL technology are discussed in the paper. Special attention is given to the most popular ADSL technology. Based on the analysis made, the maximal possible data transmission rate and the probability of existence of digital errors are defined. The possible modulation and coding methods are compared against Shannon limits. Those and other methods for transmission of digital information over symmetrical telephone line are put together.

През последните десетилетия промишлеността на телекомуникационен хардуер интензивно се фокусира върху модернизацията на телекомуникационната инфраструктура, главно за високоскоростно предаване на глас, данни и видео.

Едно от най-гъвкавите и успешни технологии е DSL технологията.

DSL технологиите предлагат възможности за поддържане на приложения, изискващи широколентов достъп и използващи като преносна среда абонатния телефонен чифт, все още преобладаваща и доминираща телекомуникационна инфраструктура.

Те поддържат високи скорости за едновременен пренос на глас, данни и видео, организация на телеконференции и Internet достъп.

Може да се каже, че миграцията на PSTN към мултимедийни приложения може да стане чрез внедряване на DSL технологиите. Някои авторитетни експерти в областта на телекомуникациите смятат, че това е пътят на традиционните телекомуникационни оператори в борбата за клиенти с новообразуваните компании.

I. Основни приложения на DSL технологиите:

- високоскоростен Internet достъп;
- за пренос на глас, данни и видео (видео при високоскоростните модеми);
- за зареждане на големи (обемни) файлове;
- видеоконференция;
- e-mail.

Понастоящем основното приложение на DSL технологията е за достъп до Internet.

DSL услугите са средство за конкуриране на кабелни модеми, предлагани от кабелните телевизионни оператори.

II. A-DSL модеми.

Най-широкоприложимата от DSL технологиите е ADSL.

При ADSL се използват два сплитера – един при потребителя и един при телефонната централа.

Сплитера отделя гласовите сигнали от ВЧ сигналите, използвани за обмен на данни.

ADSL може да се разглежда като система при която се използва честотно деление на канала за връзка. При нея дадената честотна лента на проводниковата телефонна линия се дели на три части - фиг.1.



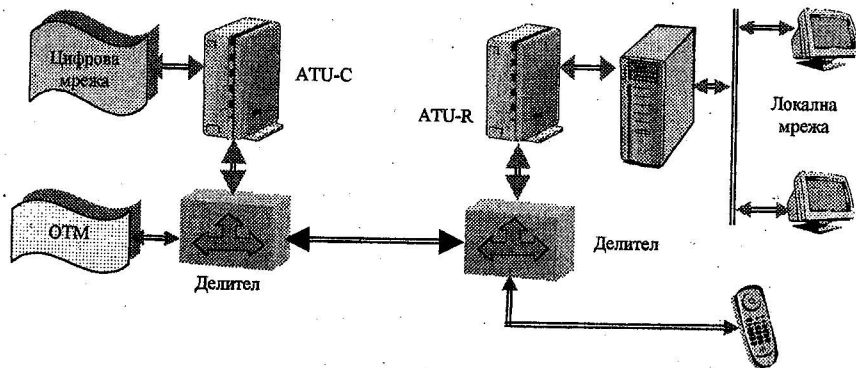
фиг.1

В първата част до 3.4KHz се използва за обикновени гласови телефонни услуги. От 30KHz до 1104KHz са предават данни по два канала - прав канал и обратен канал. Така се осигурява съвместимост и при повреда в ADSL модема е възможно независимо използване на телефонната линия за конвенционална комуникация.

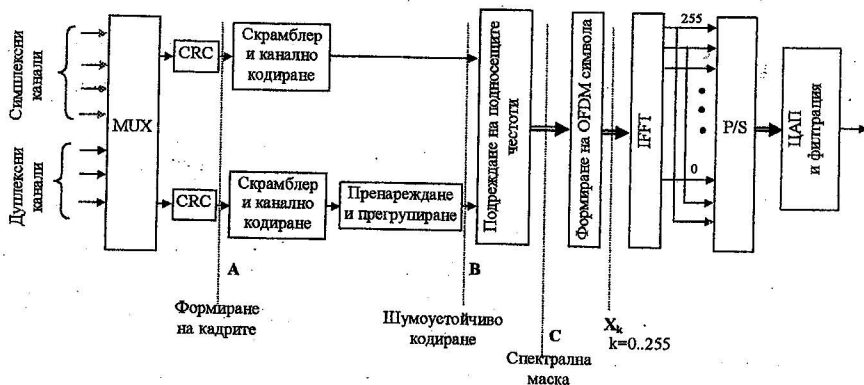
II.1. СИСТЕМЕН МОДЕЛ

Основните блокове, свързани с предаване на информацията с технологията на ADSL, са показани на фиг.2. Данните получени от някаква мрежа се предават чрез модема за ADSL, намиращ се в така наречения централен офис -ATU-C. Полученият от него аналогов сигнал се обединява със сигнала от обществената телефонна мрежа (PSTN) чрез делител и се предават по обикновена телефонна линия до крайния получател на информацията. Също така модемът ATU-C приема сигналите от модемите на отделните абонати - ATU-R.

Делителите са пасивни устройства и в зависимост от направлението на предаване на информацията, те разделят или обединяват честотно двата типа сигнали. Блоковите схеми на модемите ATU-C и ATU-R са показани съответно на фиг.3 и фиг.4.



фиг.2

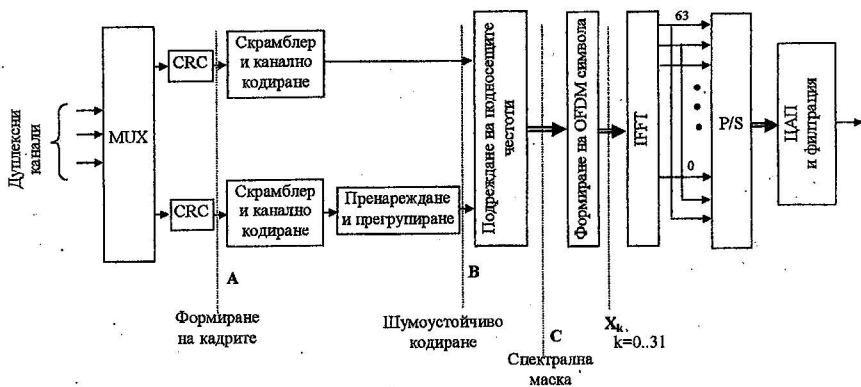


фиг.3

За пренасяне на информацията се използва паралелно предаване чрез ортогонално честотно делене на канала за връзка или OFDM модулация.

II.2. Шумоустойчиво кодиране.

Кодирането при ADSL модемите използва алгоритъм на конволюционно пренареждане и прегрупиране (дълбочината на пренареждане е 16, 32 или 64 бита и зависи от скоростта на предаваната информация).



фиг.4

II.3. Модулация.

Както стана ясно, типът на модулация е OFDM. В правия канал се използват 128 подканала с честотно разстояние между тях $\Delta f = 4.3125$, KHz. При обратния канал броят на подканалите е равен на 32. Носещата с номер 64 ($f = 64 \cdot \Delta f = 276$ KHz), в правия канал, е резервирана за пилотен сигнал и с негова помощ се извършва тактовата синхронизация в приемника. В обратния канал тя е с номер 16.

Формирането на OFDM сигнала се извършва с помощта на блока за обратно бързо преобразуване на Фурие (IFFT) - фиг.3 и фиг.4. Броят на точките на преобразуване е два пъти по-голям от броя на подносещите N_f .

Исходният сигнал се получава от:

$$z_k = \sum_{i=0}^{255} g_i \cdot y_i \cdot \exp\left(\frac{j \cdot \pi \cdot k \cdot i}{256}\right) \text{ за } k=0..255 \quad (3)$$

където y_i е i -тата компонента на OFDM символа. Той се получава от блока за неговото формиране, умножен по коефициента g_i , определен за i -тата подносеща от спектралната маска. Стойностите на y са комплексни числа и образуват четна функция. За целта се извършва подреждане на y компонентите по следния начин:

$$y_0=0, y_i = \text{conj}(y_{2N_f-i}) \text{ за } i=N_f+1..2N_f-1 \quad (4)$$

Така изходният сигнал z ще има само реални компоненти.

С цел намаляване на междусимволната интерференция към получения сигнал се прибавя циклически префикс, съставен от последните 32 y_i символа (за $i=488..511$) - фиг.3. Още той се използва и за символна синхронизация.

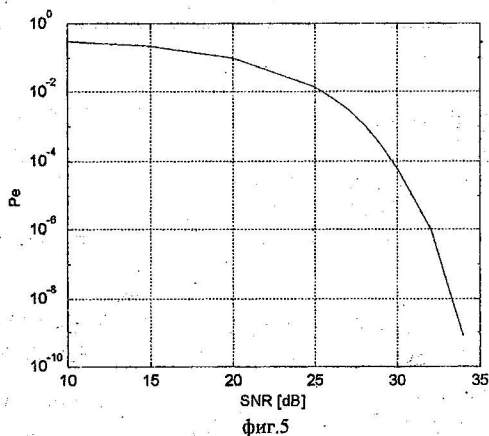
В обратния канал дължината на префикса е равна на 8 y_i символа и модулираният сигнал е:

$$z_k = \sum_{i=0}^{64} g_i \cdot y_i \cdot \exp\left(\frac{j\pi k i}{32}\right) \text{ за } k=0..31 \quad (5)$$

II.4. Спектрална ефективност и шумоустойчивост.

Чрез симулация на модулацията и демодулацията и изработване на програмни процедури е изследвана шумоустойчивостта на модулация при ADSL ATU-C модем. Изследването е извършено при предаване в канал с адиятивен бял Гаусов шум (AWGN).

Определена е вероятността за грешка на един бит информация в зависимост от отношението на осреднената мощност на сигнала (по подканал) и шума в канала за връзка. Резултатите са показани на фиг.5. В симулационните резултати не е включен ефекта на шумоустойчиво кодиране.



Получени са резултати, даващи измененията на спектралната ефективност при QAM-модулация и при сегашното състояние на ADSL.

III. Изводи:

1. DSL технологиите дават възможност за разширение капацитета на усуканата телефонна двойка и преобразува PSTN от мрежа само за глас в мрежа за глас, текст, графики и мултимедиа.

2. DSL технологиите позволяват оптимална надежност и възможна най-висока скорост

3. DSL услугите са средство за конкуриране на услугите, предоставени от кабелните модеми в кабелните телевизионни мрежи.

4. DSL технологията позволява *оптимална надежност и възможно най-висока скорост*.

5. При подходящо адаптиране на спектъра на предавания сигнал при ADSL може да се постигне по висок капацитет на канала за връзка.

6. Динамичното управление на спектъра дава възможност за автоматично и/или предотвратяване на загубата на информация вследствие на взаимно прослушване и до по високи скорости на предаваната информация.

ЛИТЕРАТУРА

1. "Analog and Digital Modem Quarterly" – Dec 2000
2. Левин Л.С., Плоткин М.А., Цифровые системы передачи информации, Радио и Связь, Москва
3. "Analog and Digital Modem Market Analysis" Quarterly Report – 2/99
4. ITU-T Recommendation V.32
5. ITU-T Recommendation V.34
6. ITU-T Recommendation V.92.
7. <http://www.modems.com>
8. <http://www.fcc.org>
9. <http://www.dsl-modem-internet-access.com>
10. "Busines of Broad band Report" – 2000
11. "Broadband in the Local Loop: Cable Modem Madness vs. xDSL Dementia 1998.
12. <http://www.cisco.com>
13. Мрежи за достъп "a/b" параметри на UNI, версия 1./30.07.98/ БТК
14. "Broadband Hardware: IADS, DSL, and Cable"- Quarterly publication
15. <http://www.zoom.com>
16. "DSL vs. Cable Modems: The Future of High – Speed Internet Access" – 2000 (DSL lines, DSL and cable modem, DSL service revenue, DSL port, and DSLAM).
17. ADSL, xDSL, or Cable Modems: The Future of High – Speed Internet Access 1999 – 2004 – 4/2000 (DSL lines, CLEC DSL lines, DSL port, DSLAM).
18. "Worldwide ADSL and Cable Modem Semiconductor Market Forecast and Analysis 1999-2000" (ADSL, Cable modem, broadband access).
19. "Broadband Users: Cable vs. DSL " – 2001.