

Оптичните влакна – преносната среда за дигитализирана информация без алтернатива

Доц. д-р инж. Стоян Рабов

През петдесетте години на развитие и утвърждаване на оптичната техника бяха създадени нови технологии и компоненти, методи за изследване и измерване. Оптичните линии и мрежи се наложиха като основни в телекомуникациите. Хронологията е следната:

- 1960 г. - откриване на лазера, мощен, монохроматичен, кохерентен източник на оптично лъчение с възможност за високочестотна модулация. Събуди се идеята за директна оптична връзка, използваща атмосферата като преносна среда, която обаче не беше надеждна. Идеята за тази връзка продължи да се развива като междусателитна, а отчасти се премести покъсно в разработването на лазерни локатори - лидари,
- 1970 г. - в лабораториите на Corning Glass е достигнато екстремно ниско за времето си затихване на оптичен сигнал в кварцово влакно под 20 dB/km,
- 1973 г. – снижаване до теоретичните стойности на оптичното затихване и дефиниране на трите работни обхвата в близката инфрачервена област с дължина на вълната около 850nm, 1300nm и 1550nm.

Създаване на първия полупроводников лазерен диод, работещ при стайна температура,

- 1976 г. – изграждане на първите експериментални оптични линии на къси разстояния (20 -30 km в градската мрежа в Западна Европа, САЩ и Япония) на базата на влакна с градиентен профил на коефициента на пречупване, включително и разработване на нови технологии и съоръжения за измерване и контрол параметрите на оптичните линии, изтегляне оптични кабели, свързване на оптичните влакна със заварки и разглобяеми връзки,

- 1981 г. – изместването на многомодовите (ограничена честотна лента до 1500 Mhz.km) с едномодови оптични (vlakна честотна лента до 100 GHz.km), след пълно окабеляване на централите на FBI и CIA и стартиране изграждането на междуградски оптични линии. Цените на оптичните vlakна паднаха под 100 \$/km

- 15.12.1988 г. – пускане в експлоатация на първата подводна междуконтинентално оптична линия между Европа и Америка TAT-8, открита със слово на Айзък Айзимов, предсказал през 1949 г. „телефонирането със светлина“, завършващо с библейски думи „и това стана“.

- 1990 г. -2000 г. повсеместно изграждане на оптични линии, понижаване на цените на оптичните vlakна под 10 \$/km и повишаване рязко на броя им в кабелите 96, 144, 192 с цел просто увеличаване на капацитета им. Последното беше както в градските, така и в междуградските мрежи. Допълнително бяха достигнати максималните за сега по електронен път скорости от 10 и 40 Gbit/s. Беше създадена и нова дигитални йерархия за мултиплексиране SDH, заместваща остарялата PDH. Бяха реализирани и online системи за контрол и констатиране времето и мястото на евентуална повреда,

В началото на деветдесетте години беше стартиран многомилиарден проект - Iridium, включващ качването на 720 телекомуникационни спътника на постоянни ниски орбити за осигуряване на тотални комуникации и с малко или повече идеята да се разчупи влиянието на наземните оптични връзки. Този опит завърши с фиаско, тъй като се оказа, че ниските орбити са нестабилни и още първите спътници излязоха бързо от строя. По това време с колегата Бончо Балабанов изнесохме доклад - 1994 г. на Конференция в Ерусалим със заглавие „Сателитна или оптична комуникации, избор и съревнование“. Изводът беше че двата вида комуникации трябва да вървят ръка за ръка,

- след 2000 г. се премина и към допълнително аналогово уплътняване на съществуващи оптични кабели - уплътняване по дължината на вълната. За да се постигне и екстремно оплътняване, като с този метод бяха разработени и специални оптични vlakна, при които коефициентът на оптичното затихване в обхвата от 1280 до 1650 nm е под 0,5 db/km и бързо

бяха реализирани по едно влакно скорости от порядъка на десетки Tbit/s, което предпостави разработката и използването на оптични усилватели.

В последните години се пристъпи и към достигането с оптични влакна директно до абонатите – FTTH.

Развитието на оптичните телекомуникации включва:

Оптични влакна и кабели

Бяха създадени последователно два основни типа оптични влакна на базата на SiO₂ – многомодови и одномодови. Първите останаха в историята като влакна, използвани в нискоскоростни или локални мрежи, а основното внимание беше насочено към одномодови оптични влакна, при които се постигат големи регенераторни участъци вследствие на ниското ниво на хроматичната дисперсия. Влиянието и на по-ниската поляризационна дисперсия също започна да бъде отчитано. Първоначално за заготовките на влакната се използваше очистен природен кварц за сърцевината или за обвивката, а съответно за обвивката или сърцевината - легиран синтетичен кварц. Днес и сърцевината и обвивката на съвременните оптични влакна се изготвят от чист кварц произведен по синтетичен път и съответните легиращи елементи – Ge или F, определящи коефициента на пречупване. Технологиите за производство на оптични влакна се развиха много бързо и успешно. Геометричните и предавателните им параметри бяха стандартизирани.

Оптичните кабели са конструкции, при които оптичните влакна са организирани и защитени и осигуряват техните експлоатационни качества при изграждането и експлоатацията на кабелните линии най-малко 25-30 години. Разнообразието им е голямо и отговаря на изискванията за предназначението им:

- кабели за вътрешно полагане с неразпространяваща горенето обвивка,
- кабели за външно приложение с осигурена надлъжна и напречна херметичност и максимална сила на опън,

- кабели за подводно презокеанско приложение,
- олекотени подводни конструкции за бързи и икономчески връзки между и около острови,
- FTTH мини кабели с брой на влакната от 6 до 96, с макс. диаметър 3,6 mm за изстрелване в предварително изградена инфраструктура от мини HDPE тръбички,
- тактически кабели със специални разработени едномодови влакна, които не са чувствителни към микроогъвания.

Бяха разработени и технологии за изстрелване на оптични кабели в предварително подготвена тръбна инфраструктура от защитни HDPE тръби. Строителните дължини са 2000m, 4000m и 8000m. По-късно вече се използва и изстрелване на втори оптичен кабел в заета тръба.

Електрооптични и оптоелектронни преобразуватели

Развитието на оптични влакна беше следвано от полупроводникови лазерни диоди и фотодиоди, с които започва и завършва една оптична линия. Тези активни полупроводникови елементи бяха съобразени с усвояването на съответните оптични работни обхвати. За оптичните излъчватели се използват многокомпонентни структури на базата на InGaAsP, а за фотодетекторите първоначално Si -850 nm и Ge-1310 nm. След отпадане интереса към първия оптичен прозорец бяха разработени фотодетектори с чувствителност в обхвата 1300 -1600 nm от InGaAsP.

Пасивни оптични компоненти

Основен проблем при изграждането на оптичните линии и мрежи беше свързването на оптичните влакна поради изключително малките им размери. Връзките са неразглобяеми - постоянни и разглобяеми. За първия вид бяха разработени нови технологии чрез електродъгово заваряване на влакната едно с друго и за защита на мястото на заварка, а за вторите – специални оптични съединители. Изискванията и към двата вида бяха висока надеждност и минимална стойност на внесеното оптична затихване. При оптичните съединители влакната контактуваха в началото пряко с

полираните си чела, а по-късно тези чела бяха полирани със заобляне и контактът се осъществяваше само в една точка, т.е. с физичен контакт (РС). Оказа се обаче, от мястото на контактуване обратно към лазерния диод се отразява част от оптичното лъчение и попадайки отново в лазерния резонатор с леко променена дължина на вълната води до нарушаване на режима му. Като нов параметър на оптичните съединители беше въведено и максимална затихване на обратно отразения сигнал. Веднага фирмите намериха решение - челата на влакната се срещаха под определен ъгъл (АРС).

Оптичните делители 1:2 са то 0,1%:99% до 50%:50%, 1:3, 1:4, 1:8 и т.н. и са изработени на интегрална база. Те работят днес поне на две дължини на вълната – 1 300 nm и 1550 nm.

При уплътняване по дължина на кривините на вълната се налага използването оптични мултиплексори и демултипрексори, изготвени също на интегрална база.

Оптични регенератори, оптични усилватели

За да се осигури увеличаване дължината на покриваните разстояния бяха разработени оптични регенератори, при които оптичните сигнали се преобразуват в електрически, възстановяват се и се синхронизират и след това отново се преобразуват в оптични. За целта е необходимо дистанционно захранване. В Европа населените места отстоят на не повече от 30-50 km и не се налагаше използването им. За по-големи разстояния се използват оптични усилватели – в началото на линията, веднага след оптичния предавател, по дължината ѝ и като предусилвател непосредствено преди детектирането на сигналите. При тях се извършва аналогово усилване. При уплътнява по дължина на вълната оптичните усилватели действат едновременно на отделните сигнали.

Развитие на оптичните телекомуникации в България

В края на седемдесетте години беше създадена Национална координационна програма по оптоелектроника, която беше много добре финансирана и имаща за цел да се произвеждат в комбинат „Светлина”, гр. Сливен оптични влакна и да се кабелират в Института по кабели и

проводници, гр. Севлиево, да се произвеждат активни и пасивни компоненти. Бяха закупени въпреки ембаргото по това време измервателна апаратура и технологични съоръжения, но липсваха съответните технологии. Беше натрупан обаче определен опит и произведени няколко десетки километра градиентни оптични влакна. Научно-изследователска дейност се извършваше в Института по електроника към БАН, Института по радиоелектроника, Научно-изследователския институт по съобщенията, Института по съобщителна промишленост.

- 1987 г. беше изградена първата оптична линия в България, гр. София между 72 централа и централата в ж.к. Дружба. Доставката беше комплексна от ГДР. Проектът и изграждането беше поверено на НИИС. Съоръженията бяха скромни, работната дължина на вълната 850nm, скоростта на предаване 34 Mbit/s. Вечерта след завършването на обекта, моя милост откри новините по „Света и у нас” със съобщението „България има вече първата оптична съобщителна връзка”,

- 1988 г. беше изградена и първата междуградска оптична линия Карлово – Сопот, изградена изцяло с материали произведени в България, оптичен кабел с градиентни влакна, произведени в Сливен и Севлиево, муфи – в НИИС, оптични съединители в ТПК Комуна, оптичните приемници и предаватели – ИРЕТ и мултиплексорите – ИСП. Проектът и изграждането бяха отново изпълнени от НИИС с активното,

- 1989 г. също със съоръжения, произведени в България беше изградена и оптична линия между сградата на МНО и тази на Щаба на армията, - 1993 -1996 г. стартира подготовка за дигитализацията на българските телекомуникации, включваща и проектиране и изграждане на опорна оптична мрежа – ринг с форма на осмица с обща дължина 2000 km. Паралелно с това беше изградена и оптична мрежа в София. Това беше финансирано с кредит от Световната банка. През следващите години продължи строителството и в другите по-големи градове и оптичната връзка до тези, които бяха свързани по радиорелеен път. Броят на влакната в кабелите беше 12 и 24, което се оказа крайно недостатъчно. Бяха допълнително изстреляни в заетите вече тръби втори кабели с 72 и 144 влакна.

- Мобилните оператори изградиха още няколко подобни ринга, - От 2000 г. започна и масовото изграждане на мрежи на кабелните TV оператори

в София, Варна, Бургас, Пловдив и др. Оптични мрежи бяха изградени от Булгаргаз, НЕК, Овъргаз, ЖП и др. покрай техните съоръжения, които бяха използвани и за предоставяне за трансграничен трафик.

Днес, благодарение на оптичната преносна среда са възможни връзки с екстремно високи скорости, тотално покритие, доставящи голяма информация и услуги на практика до всекиго. Преди точно 6 години, когато Apple пусна последния си модел IP 6 и на 6-то Авеню имаше стотици тийнейджъри, чакащи да си го купят в Herald Tribune се появи уводна статия, озаглавена **„Stop to hang on a phone, please follow your own life”**.