

2. Основни комуникационни устройства и съобщителни среди

2.1. Основни комуникационни устройства

В предходната тема беше разгледана общата структура на една компютърна мрежа, където беше споменато, че едни от основните ѝ компоненти са нейните възли, които могат да бъдат крайни или междинни. Всеки възел представлява хардуерно устройство, което използва **мрежова платка** за свързване с преносната среда на мрежата. Например за компютърните системи се използва т.нар. **мрежова интерфейсна карта (NIC)**, която може да осигури жична или безжична свързаност към мрежовата среда.



фигура 1 Жична мрежова карта



фигура 2 Безжични мрежови карти

Съществуват различни подходи за включване към мрежата. Това се дължи на разнообразието от използвани мрежови технологии. За управление на мрежата и преодоляване на различията между отделните мрежи са проектирани и разработени специализирани междинни устройства. Те притежават различна функционалност и наименования, които ги отличават спрямо ролята, която изпълняват.

Модем (модулатор/демодулатор)

Модемът е специализирано комуникационно устройство за предаване на цифрови (компютърни) данни по аналогови (телефонни или телевизионни) трасета. Използват се за отдалечен достъп на единични потребители до локална или глобална мрежа. Достъпът до локална мрежа изисква наличието на специализиран сървър, наречен RAS-сървър (Remote Access Server) (фигура 3).

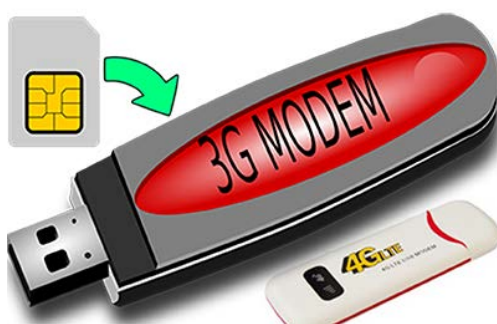


фигура 3 *Отдалечен достъп в локална мрежа*

Модемите могат да бъдат произведени като самостоятелни устройства (външни модеми) или да бъдат вградени в други устройства (вътрешни модеми). В момента масово са разпространени кабелните модеми, които се използват от операторите за кабелна телевизия за доставяне на интернет по телевизионни трасета (фигура 4). Друг пример за технология, използваща модем е DSL технологията. Една от нейните разновидности се нарича ADSL. Технологията осигурява WAN свързаност на базата на съществуващи медни проводници от телефонни трасета. По линията могат да бъдат предавани едновременно глас и данни. Мобилните оператори също предлагат безжични модеми (фигура 5), с които може да се осигури достъп до мобилната им мрежа за използване на предлагания от тях интернет.



фигура 4 Кабелен модем



фигура 5 3G и 4G модем

Комутатор (switch)

Комутаторът е междинно устройство, което осигурява допълнителни входни точки за включване на възли към локалната мрежа и управлява достъпа им до нея. Входните точки се наричат портове, а комутаторът – многопортов комутатор. Техният брой е различен и зависи от ценовата стойност на устройството. Често срещани са 5, 8, 16, 24, 32 портови комутатори. Английското му наименование е суич (switch). Използва се като централен възел в съвременните локални мрежи. Позволява възможност за свързване с друг комутатор, за получаване на топология „разширена звезда“. Запазва скоростта на мрежата за всеки един от портовете си. Възстановява и усилва предавания сигнал, което позволява удължаване на покривното разстояние.

Той разширява честотната лента, намалява колизиите и увеличава производителността на мрежата. Всеки негов порт сформира собствен колизионен домейн. Всички портове принадлежат на един бродкаст домейн. Препредава бродкаст и мултикаст съобщенията на всички портове,

с изключение на този откъдето идват. Комутаторът използва пълен дуплекс при предаване.

Съществуват три основни метода на комутация, които се използват от комутатора:

- **Cut-through** – хедърът на пакета се запомня в буфера на порта. Чете се MAC адресът на дестинацията, който е в началото на кадъра след преамбюла. Определя се по адресната таблица портът за дестинация и резултатът е незабавно препращане към целевия възел, въпреки продължаващото приемане на останалата част от кадъра. Откриването на грешки се извършва от получателя. Методът е създаден, за да намали забавянето в обработката на кадъра (латентния период в суича).
- **Store and forward** – целият пакет се записва в буфера и се проверява за грешки. При правилно приемане на кадъра се предприема препредаването му към получателя. При грешка кадърът се унищожава. Този метод има по-голям латентен период на суича.
- **Fragment-free** – хибриден метод между Cut-through и Store and forward, но запомня първите 64 байта преди да започне препредаване. Причината е, че грешките при комуникацията възникват най-често в този момент. Създаден за избягване на късни колизии.



фигура 6 5-портов комутатор (суич)

Маршрутизатор (router)

Маршрутизаторът е междинно устройство, което притежава по-голяма функционалност от комутатора. Използва се за свързване на поне две мрежи и преодоляване на различията между тях, като ги управлява на по-високо ниво, в сравнение със суича. Може да се използва и за разделяне на една голяма мрежа на няколко по-малки. Маршрутизаторът избира пътя, по който трябва да преминат данните до достигане на крайната цел. Това се налага в случаите, когато има възможност за избор между няколко налични

маршрута за достигане на целта. Английското му наименование е рутер (router). Използва се като входна/изходна точка за достъп до интернет и го разпределя между устройствата в локалната мрежа. Комутаторът не може да изпълнява тази функция.

Маршрутизаторът извършва маршрутизиране на пакети, на базата на поддържаната от него рутираща таблица. Друга негова възможност е свързана с филтрирането на бродкаст кадри и пакети, което не позволява тяхното разпространение извън конкретната подмрежа, което предотвратява т.нар. бродкаст буря (broadcast storm).

Използваните алгоритми за процеса на маршрутизация могат да бъдат:

- статични – при тях администраторът поддържа и актуализира маршрутизиращите таблици на междинните устройства;
- динамични – междинните устройства използват маршрутизиращи протоколи за автоматично поддържане и актуализиране на техните таблици. Такива протоколи са RIP (Routing Information Protocol) и OSPF (Open Shortest Path First).

Не всички протоколи допускат маршрутизиране. Например IPX, IP, XNS, DDP допускат маршрутизиране, докато NetBEUI (Microsoft), LAT (DEC) не допускат. Това се определя от използваната схема на адресиране от всеки от тях.

Точка за достъп (access point, AP)

Точката за достъп е междинно устройство, което помага на безжични устройства да се свържат към една мрежа и да използват нейните услуги. Схема на такава свързаност е показана на фигура 10

2.2.Съобщителни среди

Предаването на данни по мрежата става възможно, благодарение на използваната среда за пренос. Когато средата е кабелна, мрежата се нарича **кабелна мрежа**. Използването на безжична среда класифицира мрежата като **безжична мрежа**.

Кабелна среда

Кабелната среда включва: коаксиален кабел, кабел с усукани двойки проводници и кабел с оптични влакна.

коаксиални кабели – вътрешен проводник, обвит с изолационен материал, медна оплетка и външна обвивка (фигура 7). Оплетката играе роля на предпазен екран. Ако съществува първи изолационен слой от фолио и втори от метална оплетка, то кабелът е двойно екраниран. Неговите два основни варианта са тънък (thinnet) и дебел (thicknet). Дебелата изолация и доброто екраниране гарантират по-добра защита от електромагнитни смущения, в сравнение с усуканата двойка проводници. Тънкият кабел може да пренася качествен сигнал на разстояние до 185 метра, а дебелият до 500 метра. В ранните реализации на сегашната локална компютърна мрежа, коаксиалният кабел беше най-популярният тип. Сега се използва усукана двойка проводници.

Съществуват различни типове и категории коаксиални кабели, предлагащи се от различните производители. Много от тях се използват от мрежи със специално предназначение. Например разновидност на такъв тип кабел се използва от кабелните телевизионни оператори. Към тях може да бъде включен кабелен модем за свързване на абонат към Интернет.

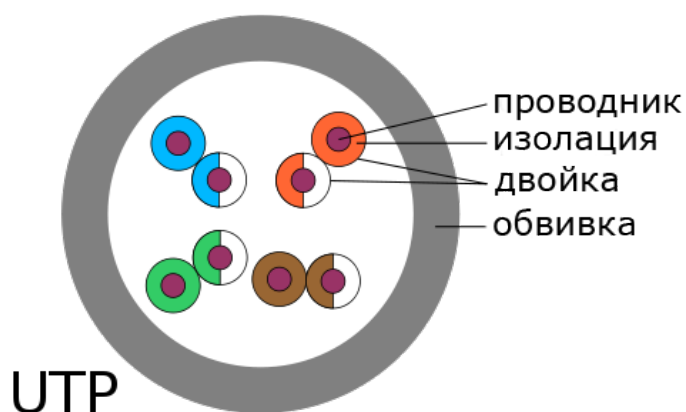


фигура 7 Структура на коаксиален кабел

кабели с усукана двойка проводници – състоят се от четири двойки медни проводници. Двата проводника на всяка двойка са изолирани и взаимно усукани за намаляване на външните шумове (фигура 8). Предназначени са за малки разстояния. Съществуват различни категории, поддържащи различни скорости. Самата категория се идентифицира със символите Cat X и означава номера на успешно преминалия тест за производителност. В момента едни от най – разпространените категории са Cat 5e и Cat 6. Максималната дължина за сигнала без повторител е 100 м.

Този вид кабел може да бъде екраниран или неекраниран. Екранираният кабел усукана двойка се означава с наименованието STP (shielded twisted pair), а неекранираният като UTP (unshielded twisted pair). UTP вариантът се използва за окабеляване на места, където има по-малко електромагнитни смущения. Той е по-евтин, гъвкав и лесен за работа. STP кабелът е по-скъп и не е толкова гъвкав, както FTP кабелът. Използва се за външен монтаж и в среди с по-висока степен на електросмущения.

Съвременните локални компютърни мрежи използват кабел усукана двойка проводници като преносна среда.



фигура 8 Структура на UTP кабел

vlakнecтooптични кабели – съставени са от отделни влакна, направени от стъкло или пластмаса. Оптичното влакно се състои от **ядро** (core) и **външен слой** (cladding) с различен показател на пречупване на светлината (фигура 9). Това важно свойство на оптиката не позволява преплитането на информация между отделните влакна в един кабел и му позволява той да се извива и усуква.

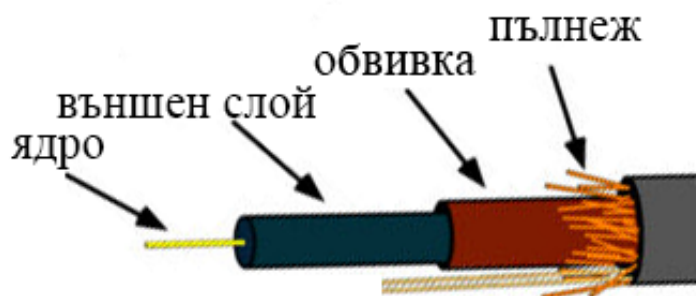
Този вид кабели е най-добрата среда за пренос, защото е по-сигурен от коаксиалния кабел и усуканата двойка проводници. По-устойчив е на затихване на сигнала, което позволява поддържането на по-голямо разстояние за предаване. Неподатлив е на външни електрически смущения. Поддържа по-високи скорости. В сравнение с останалите типове кабел оптичният е доста по-скъп и труден за работа.

Съществуват два режима на предаване:

Единичен режим (Single mode) – при този режим светлината пътува по оста на кабела;

Множествен режим (Multimode) – при този режим светлината навлиза в ядрото под различен ъгъл, което я кара непрекъснато да се отразява и отскача от стените на външния слой.

По-бързият от двата режима е единичният режим. Използва се при WAN мрежите и може да покрие разстояние до 80-200 км. Множественият режим е предназначен за LAN мрежите и покрива разстояние до 300-500 метра.



фигура 9 Структура на оптичен кабел с едно влакно

Влакната, използвани в телекомуникацията, са най-често с диаметър 125 μm . Ядрото на едномодовите влакна е с диаметър 9 μm , докато при многомодовите е с диаметър 50 μm или 62,5 μm . Описват се с двойка числа, показващи диаметъра на влакното и на неговата обвивка (например 62,5/125 микрона).

Безжична среда

Безжичната среда позволява протичането на комуникацията да се извършва без наличието на кабел. В момента е доста актуална като среда за пренос на данни, въпреки че предаването по нея е по-бавно в сравнение с кабелните връзки. За този тип комуникация могат да се използват: лазер, инфрачервени лъчи, радио честоти. Като пример за мрежи, използващи такъв тип среда могат да се посочат Wi-Fi мрежите или тези на мобилните оператори.

2.3.Стандарти от Проект 802

IEEE е отговорен за дефинирането и публикуването на стандарти за телекомуникация и обмен на данни. Техен принос са стандартите за локални и градски мрежи (LAN и MAN), които обикновено се цитират като 802 серия (80-година 1980, 2-месец февруари) и се разработват от комитет с

наименование Проект 802. Целта е улесняване на комуникацията между различните типове LAN и отделяне на физическата среда от протоколите. Това дава възможност различните LAN архитектури да се реализират върху различна кабелна среда. Стандартите от Проект 802 са организирани в трислойна йерархия, отговаряща на физическия и каналния слой на OSI модела. Каналното ниво на IEEE 802 се разделя на две поднива: LLC и MAC. Това деление позволява да се разграничи достъпът до средата, реализиран от MAC подслоя, от управлението на потока данни, като позволява взаимно функциониране на 802 съвместими мрежи. Отделни екипи на стандартизиращата организация са разработили стандарти в следните области:

- **802.1** – дефинира LAN и MAN съвместимост; мостове, действащи в MAC подслоя и алгоритъм STA (Spanning-Tree algorithm) за предотвратяване на междумостово зацикляне;
- **802.2** – дефинира Logical Link Control (LLC) – спецификации за осигуряване на интерфейс между MAC подслоя и мрежовия слой;
- **802.3** – CSMA/CD – специфицира начина на функциониране на Ethernet мрежите, базирани на метода за множествен достъп с разпознаване на носещата и откриване на колизии;
- **802.4** – Token Bus – задава стандарт за мрежа, използваща 75 омов коаксиален или оптичен кабел, с предаване на маркер;
- **802.5** – Token Ring – задава стандарт за физическа топология „звезда“ и „логически кръг“, използваща усукана двойка проводници и метод на достъп с предаване на маркер;
- **802.6** – MAN – задава стандарт за регионална мрежа (Distributed Queue Dual Bus Access Method);
- **802.7** – Broadband – правила за изграждане на мрежи, използващи технологии за широколентово предаване (FDM);
- **802.8** – Fiber Optics – задава стандарт за мрежи, използващи оптичен кабел за преносна среда;
- **802.9** – установява стандарт за предаване на глас и данни по ISDN;
- **802.10** – обхваща изграждането на частни виртуални мрежи (VPN);
- **802.11** – специфицира Wireless LAN Medium Access Control (MAC) и Physical Layer (PHY) за безжична комуникация;

- **802.12** – 100 VG AnyLAN – метод за достъп с приоритет на заявката (Demand Priority Access Method), разработен от HP, с цел комбиниране на предимствата на Ethernet, Token Ring и ATM.

Някои от тези стандарти следва да бъдат разгледани по-подробно. Зависимостта между тях е онагледена чрез фигура 14, публикувана в изданието от 1998 година за IEEE 802.2.

За преодоляване на различията в мрежовите архитектури за LAN от серията IEEE 802.x е избран подход с разделяне на каналния слой на два подслоя:

- Горен подслой за управление на логическите канали (LLC – Logic Link Control);
- Долен подслой за управление на достъпа до комуникационната среда (MAC – Media Access Control).

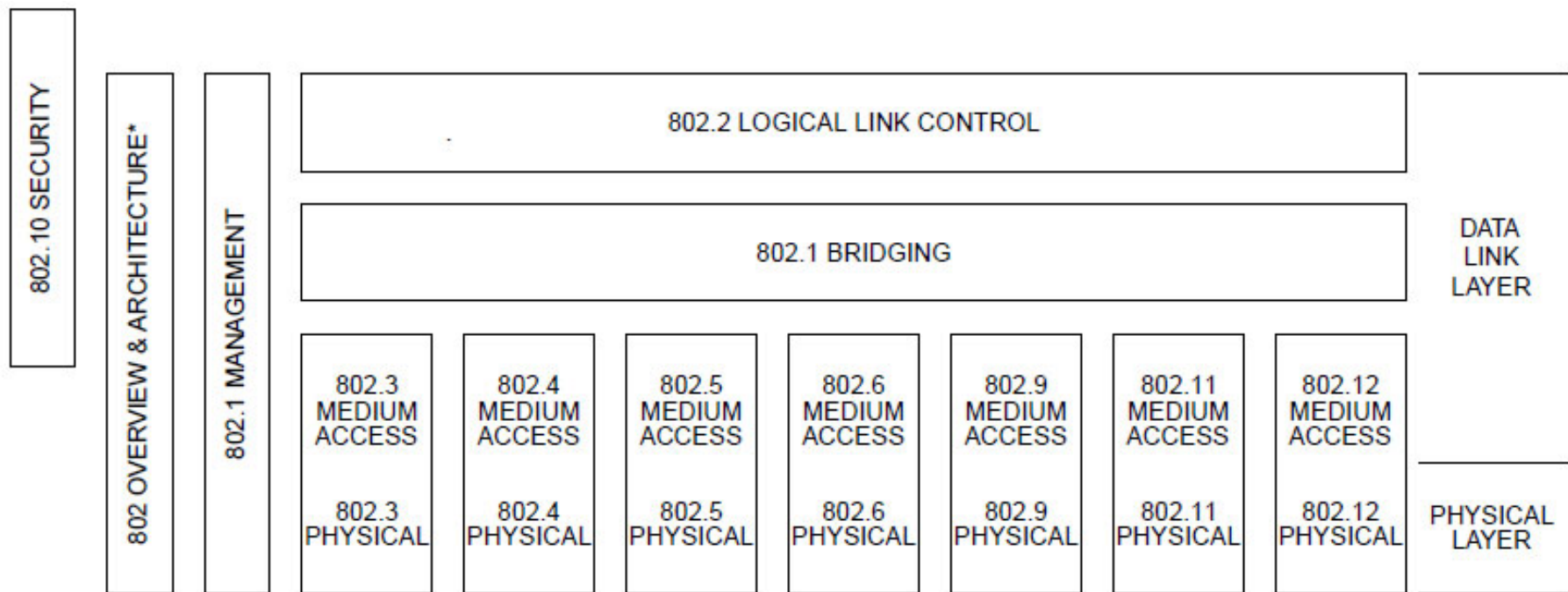
Функциите на каналния слой се осъществяват от мрежовия адаптер.

Стандарт IEEE 802.3 (Ethernet)

Този стандарт описва LAN с логическа топология тип “шина”, докато физическата варира от тип „линейна шина“, в по-старата версия, до тип „звезда“ в новите версии. Типът мрежа е разработена през 60-те години на миналия век и е най-популярната LAN архитектура в момента. Скоростта на предаване за първоначалния стандарт (Ethernet) е 10 Mbps, а в последните версии на стандарта - 100 Mbps (Fast Ethernet), 1 Gbps (Gigabit Ethernet), 10 Gbps (10 Gigabit Ethernet), 40 Gbps (40 Gigabit Ethernet), 100 Gbps (100 Gigabit Ethernet).

При изписването на стандарта се следва последователността:

- скорост на предаване на сигнала, изразена в Mbps.
- метод на предаване, имащ две значения: **Base** – за директно цифрово предаване; **Broad** – за модулирано аналогово предаване;
- дължина на сегмента в стотици метри. Ако L заема стойности {T, TX, T4}, се използва кабел с усукани двойки проводници, а при стойности {F, FX} се използва влакнесто-оптичен кабел.



* Formerly IEEE Std 802.1A.

фигура 10 Зависимост между стандартите от Проект 2

Примери за означения и характеристики на различните спецификации на стандарта са:

- **Ethernet**

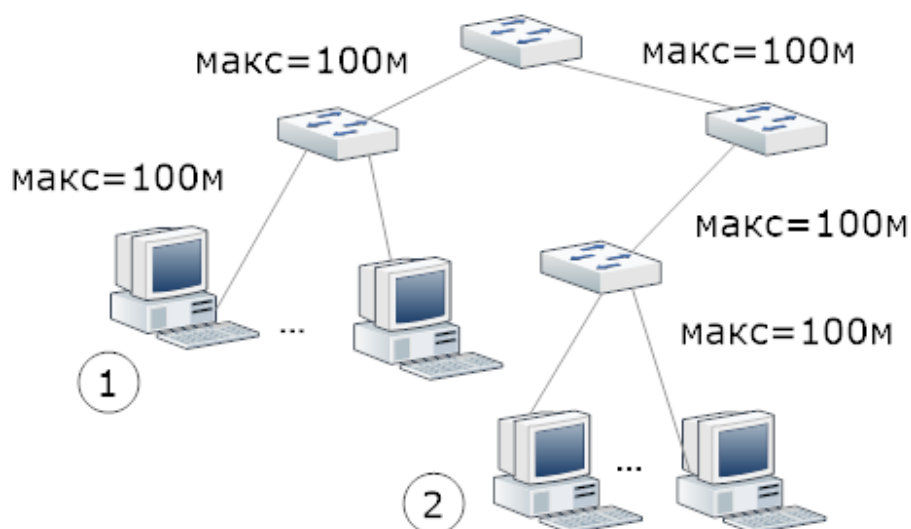
- 10BROAD36 (IEEE 802.3b) – използва CATV (Cable Television) технологията с физическа топология линейна шина или дърво. Дължината на сегмента е до 3600 м. Метод на предаване – дуплекс. Използва по един кабел във всяка посока или един кабел и честотно деление. Необходимата ширина на честотната лента за всяка посока е 18 MHz (14 MHz за данни и 4 MHz за обслужване на колизии), т.е. 36 MHz за поддържане на двете трасета;

- 10BASE5 (IEEE 802.3) - използва дебел коаксиален кабел и физическа топология линейна шина. Дължината на сегмента е до 500 м. Максималният брой възли за сегмент е 100. Метод на предаване – полудуплекс;

- 10BASE2 (IEEE 802.3a) - използва тънък коаксиален кабел и физическа топология линейна шина. Дължината на сегмента е до 185 м. Максималният брой възли за сегмент е 30. Метод на предаване – полудуплекс;

- 10BASE-T (IEEE 802.3i) - използва две усукани двойки проводници Категория 3 и по-висока и физическа топология тип „звезда“. Максимална дължина на покривното разстояние е 100 м. Метод на предаване – полудуплекс и дуплекс. Валидно е правилото 5-4-3, което е ограничение за по-ранните реализации на Ethernet, използващи коаксиален кабел. Според него между два комуникационни възела не може да има повече от пет мрежови сегмента, свързани с 4 повторителя и не повече от 3 запълнени сегмента в мрежата (другите два сегмента служат за удължаване на разстоянието). Всеки запълнен повторител се брои за сегмент. Максимално достижимата дължина, без използването на комутатори, по това правило е 500 метра (фигура 11) между компютър 1 и компютър 2;

- 10BASE-FL (IEEE 802.3j) - използва кабел с оптично влакно и физическа топология тип „звезда“ (най-често от точка до точка). Максималната дължина на покривното разстояние е 2000 м. Метод на предаване – пълен дуплекс.



фигура 11 Правило 5-4-3 при 10BASE-T

- **Fast Ethernet**

- 100BASE-TX (IEEE 802.3u) – използва две усукани двойки проводници и физическа топология тип „звезда“. Максималната дължина на покривното разстояние е 100 м. Метод на предаване – полудуплекс и дуплекс;

- 100BASE-T4 (IEEE 802.3u) – ранна версия на Fast Ethernet стандарта. Използва четири усукани двойки проводници от категория 3 или по-висока. Една от двойките се използва за предаване, друга двойка за приемане, а останалите две двойки се използват за предаване или приемане на данни в двете посоки. Метод на предаване – полудуплекс (три от четири двойки проводници се използват в даден момент за предаване или приемане). Този подход позволява използването на по-ниска категория кабел. Необходимостта от три кабела е наложена от използваната схема за кодиране – 8B6T. MAC подслой конвертира всеки байт в шест троични символа;

- 100BASE-FX (IEEE 802.3u) - предлага 100 Mbit/s пренос на данни по 62.5/125 μm и 50/125 μm мултимодова оптична среда. Физическата топология е тип „звезда“. Максимална дължина на покривното разстояние за сегмент е до 412 м. Метод на предаване – полудуплекс и дуплекс.

- **Gigabit Ethernet**

- 1000BASE-T (IEEE 802.3ab) – - предлага 1 Gbit/s пренос на данни през четири усукани двойки проводници от категория 5 или по-висока. Максималната дължина на покривното разстояние е 100 м. Метод на предаване – полудуплекс (ако се използват само 2 двойки проводници) и дуплекс;

- 1000BASE-X (IEEE 802.3z) – предлага 1 Gbit/s пренос на данни по оптични влакна. Негови разновидности са 1000BASE-SX, 1000BASE-LX, 1000BASE-LX10, 1000BASE-BX10, 1000BASE-ZX и 1000BASE-EX.

- **10 Gigabit Ethernet**

- 10GBASE-T (IEEE 802.3an) - предлага 10 Gbit/s пренос на данни през четири усукани двойки проводници от категория 6 (разстояние до 55 м), 6а (разстояние до 100 м) или по-висока. Метод на предаване – пълен дуплекс от точка до точка;

- 10GBASE-SR, 10GBASE-LR, 10GBASE-ER, 10GBASE-SW, 10GBASE-LW, 10GBASE-EW (IEEE 802.3ae) – предлага 10 Gbit/s пренос на данни по оптични влакна. Метод на предаване – пълен дуплекс от точка до точка.

Най-разпространените стандарти в момента са: 802.3u – работещ при 100 Mb/s и 802.3z и 802.3ab– работещи при 1Gb/s.

2.4.Проектиране на малка домашна или офис мрежа

Изграждането на такъв тип мрежа се реализира предимно с физически ресурси от нисък ценови клас. Обикновено това са рутер, суич, няколко компютъра и безжични клиентски устройства, жична и безжична среда за комуникация.

1. Рутерът е необходим за свързване на локалната ни мрежа към мрежата на доставчика на Интернет. Маршрутизаторът ще разпределя интернета към всички компютри и клиентски устройства от нашата мрежа.

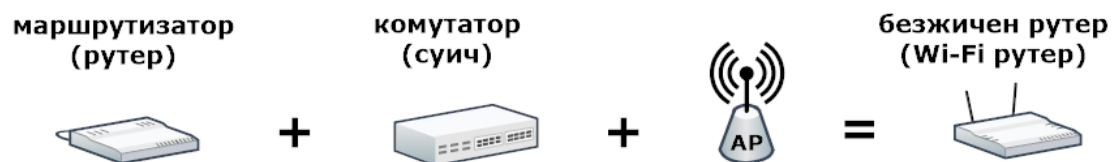
2. Суичът е междинното устройство в локалната ни мрежа, което ще играе ролята на централен възел и ще осигурява свързване на жичните устройства към нея. Трябва да бъде избран с необходимия брой физически портове. Топологията ще бъде звезда, а използваният кабел – UTP.
3. За предоставянето и на безжичен начин за достъп до нашата LAN ще е необходима и безжична точка за достъп (AP). Тя ще се свързва към суича с кабелна връзка.

На фигура 10 е показана схема на описаната по-горе организация на една локална мрежа. Ако се премахне безжичната точка за достъп, проектираната локална мрежа ще се превърне в жична мрежа. Съществува вариант за изключване на суича от схемата, тогава мрежата ще остане безжична.



фигура 12 Примерна схема на малка локална мрежа

Понякога производителят обединява няколко междинни устройства в едно с цел, намаляване на техния брой и поевтиняване на реализацията на мрежата. На фигура 11 е представен такъв подход, където маршрутизатор, комутатор и безжична точка за достъп са комбинирани в едно устройство – безжичен рутер.



фигура 13 Примерна схема на малка локална мрежа